



LOGO! MIKROLOGIIKAN OPETUSALUSTA

Prototyypä

Jani Ruttonen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotekehitys

RUTTONEN JANI
LOGO! mikrologiikan opetuslusta

Opinnäytetyö 54 sivua, josta liitteitä 25 sivua.
Toukokuu 2014

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja rakentaa opetuskäyttöön tarkoitettu ohjelmoitavan logiikan opetuslusan prototyyppi, jonka ytimenä toimii Siemensin yleiskäyttöinen logiikkamoduuli LOGO!, tuoteversio 0BA7. Alustan tuli olla sopivan kokoinen, valmiiksi koteloitu moduuli, jonka käyttöönotto olisi nopeaa ja vaivatonta.

Opinnäytetyönä oli tarkoitus tehdä yksi opetuslusta, työselostuksien, kuvien, kaavioiden, piirustuksien, osaluettelon ja valmistusohjeiden kera. Prototyypin valmisti opinnäytetyön tekijä itse ja osia, joita ei ammattikorkeakoululta löytynyt, tilattiin muualta. Myöhemmin prototyyppikappaleen mukaisia harjoituslustoja on tarkoitus tehdä lisää noin kymmenen kappaletta.

Moduuli ja siihen tehtyt liitännät kotelointiin niin, että varsinaiset johdotukset olisivat jo valmiiksi liitettyinä logiikkamoduuliin ja siten suojassa ulkoisilta tekijöiltä. Opetuskäytössä tehtävät liitokset suoritettaisiin aina yksijohtimisilla banaani liittimillä, jotka ovat sekä käytännöllisiä, että hyväksi havaittuja juuri väliaikaisia liitoksia tehtäessä. Samalla säästetään varsinaisten oppituntien aikaa, kun kaikki liitokset ja kytkennät ovat nopeampia toteuttaa.

LOGO!-n käyttöönottoa koulutuskäyttöön helpottaa myöskin Siemensin tarjoama Soft Comfort- ohjelmisto, jonka avulla voidaan tehdä kaikki ohjelmointi, testaus, toimintojen simuloinnit sekä tarvittavat dokumentoinnit. Tähän tarkoitukseen käytetään Ethernet-väylää PC:n ja opetuslusan välillä. Olennaisena osana opinnäytetyötä olikin myös ohjelmistoon tutustuminen harjoitustöiden kautta.

Koska opetuslustoja on määrä tehdä lisää ns. sarjatyönä, tuli pyrittyä siihen, että osat pysyisivät mahdollisimman selkeinä ja sopivina toteuttaa koulun puitteissa. Ainoa enemmän tarkkuutta vaativa työvaihe on itse liitosten tekeminen, sillä pieneen tilaan menee kymmeniä eri mittaisia johtoja. Johtojen pituuden määrittelemine etukäteen osoittautui vaikeaksi, sillä ylipitkille johdoille ei ollut yksinkertaisesti tilaa ja liian lyhyet johdotukset olisivat tehneet kokoonpanosta mahdottoman toteuttaa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi sopivan kompaktin ja selkeän rakenteen omaava opetuslusta, jonka liitännät ja kytkimet ovat selkeästi merkittyinä. Laite on myös helposti purettavissa tarpeen niin vaatiessa.

Asiasanat: LOGO!, Soft Comfort, prototyyppi

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Mechanical engineering degree program
Product development

RUTTONEN JANI
LOGO! micrologic teaching platform

Number of pages 54, of which are appendices 25 pages.
May 2014

The purpose of this thesis was to design and construct programmable logic controller teaching platform prototype for educational purposes. As in it's core functions LOGO! production version 0BA7 a multipurpose logic module by Siemens. The platform was supposed to be properly sized, readily encased module which deployment would be quick and effortless.

As a thesis purpose was to manufacture one platform with job description, pictures, drawings, part catalogue and manufacturing instructions included. The prototype was made by thesis worker himself and parts that could not be found at the university of applied sciences were ordered from elsewhere. Later on more similar teaching platforms are intended to manufactured, approximately ten pieces.

The module and connections made to it were incased so that actual wirings were already connected to logic module and thus in shelter from outside makers. Connections made in teaching usage were always conducted by single lined banana connectors which are both practical and noticed good just in making temporary connections. Simultaneously, will actual time in teaching lessons to be saved while all connections and plug inns would be quicker to conduct.

Initialization of LOGO! for educational purpose is made easier by Soft Comfort – software provided by Siemens, of which help could all programming, testing, functions simulations and necessary documentations be made. For that purpose the Ethernet – lane is used between a PC and a teaching platform. An essential part of the thesis was also to get acquainted with software via practical work.

Because teaching platforms were intended to be made more as so-called serial fabrication, it was aimed that the parts would remain as clear cut and suitable as possible to conduct in the school ground. Only more precision requiring stage is making the connections itself because in a small space there are going tens of variety length wirings. Defining the length of the wirings beforehand turned to be difficult because overly long wirings simply had no room and too short wirings would made the assembly impossible to carry out.

As a result of this thesis suitable compact and clear structure having teaching platform was born, which connections and switches are clearly marked. The device is also easily to be disassembled if necessarily required.

Keywords: LOGO! , Soft Comfort, prototype

Sisällysluettelo

1 JOHDANTO	6
2 OHJELMOITAVA LOGIIKKA	7
2.1 Logiikkaohjaukset	7
2.2 Lohkokaavio	7
2.3 Ohjelmamuisti	8
2.4 LOGO!-n esittely	9
2.5 Käyttökohteet	12
2.6 LOGO! Soft Comfort V7.0	12
3 TAVOITTEET	14
4 ERI VAIHTOEHTOJEN KARTOITUS	15
5 OPETUSALUSTA	17
5.1 Rakenteen suunnittelu	17
5.2 Kotelo	18
5.3 Asennuslevy	19
5.4 Etulevy	20
5.5 Liitännät	22
6 KOKOONPANO	23
6.1 Etulevyn rakentaminen	23
6.2 Asennuslevyn muokkaaminen	23
6.3 Liitäntöjen asemointi ja kiinnitys	24
6.4 Johdotus	25
7 POHDINTA	27
LÄHTEET	28
LIITTEET	29
Liite 1. Osaluettelo	30
Liite 2. Etulevyn mitoitus	31
Liite 3. Asennuslevyn mitoitus	32
Liite 4. Asennuslevyn särmäys mitoitus	33
Liite 5. Tukilevy naparuuveille	34
Liite 6. Ethernet-liittimen kiinnike	35
Liite 7. Piirikaavio	36
Liite 8. Piirilevy	37
Liite 9. Kotelon reikien mitoitus	38
Liite 10. Harjoitus 1. ajoneuvonostin	39
Liite 11. Harjoitus 2. nor-toiminto	40
Liite 12. Harjoitus 3. pulssipiirin ohjaus releillä	41
Liite 13. Harjoitus 4. puristin kahdenkäden ohjauksella	42
Liite 14. Harjoitus 5. päästöhidastettu rele	43

Liite 15. Harjoitus 6. sekoitusasema	44
Liite 16. Harjoitus 7. valaisimen katkaisu viiveellä.	45
Liite 17. Harjoitus 8. valaisimen ohjaus kahdella eri kytkimellä.....	46
Liite 18. Harjoitus 9. valaisimen ohjaus kolmella eri kytkimellä	47
Liite 19. Harjoitus 10. valaisimien ohjaus viiveellä.....	48
Liite 20. Harjoitus 11. valaistuksen ohjaus kahdella katkaisimella.	49
Liite 21. Harjoitus 12. valaistuksen ohjaus neljällä katkaisimella.	50
Liite 22. Harjoitus 13. vetohidastettu rele	51
Liite 23. Harjoitus 14. vika-anturit, kaksi kolmesta	52
Liite 24. Harjoitus 15. voitelun ohjauksen ajoitus.....	53
Liite 25. Harjoitus 16. yksi kolmesta valintapiiri.....	54

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään logiikkaohjelmoinnin oppimiseen soveltuvaa opetusalustaa, jonka ytimenä toimii Siemensin ohjelmoitava logiikka, LOGO! tyyppiä 0BA7. Lähtökohtana on helpottaa sekä oppimista, että opettamista sopivan kompaktin ja yksinkertaisen koulutusalan avulla.

Alustana toimisi siirrettävä moduuli, johon olisi valmiiksi asennettu tarvittavat komponentit, sekä tehty ns. kiinteät kytkennät eri komponenttien välille. Opetuskäyttöön jäisivät vain sähkövirran tuominen moduuliin, Ethernet-verkkoliitännän tekeminen PC:n ja moduulin välille, sekä tulo- ja lähtösignaaleja varten tehtävät väliaikaiset liitännät.

Turvallisuusnäkökohdatkin huomioiden kestävä ja helppokäyttöinen rakenne on toivottava. Samalla laitteen toimintavarmuus paranee ja vioittumisen, sekä muiden haitatekijöiden todennäköisyydet pienenevät olennaisesti.

Työn haasteena onkin saada yhdistettyä eri osa-alueet ilman, että mistään joudutaan tinkimään. Tämä asettaa huolellisen suunnittelun tärkeään rooliin, joka siirtää etenkin ajankäytön painopistettä enemmän tutkimiseen ja suunnitteluun päin.

2 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

2.1 Logiikkaohjaukset

Laite, joka toimii ilman, että ihminen juurikaan vaikuttaa sen toimintaan on automatisoitu. Aiemmin käytettiin releohjattuja automaatiolaitteita, mutta 1970-luvun alusta lähtien ovat mikroprosessoriohjatut logiikat syrjäyttäneet ne lähinnä taloudellisista ja käytännöllisistä syistä johtuen. Näiden ohjelmointi suoritetaan lähes aina tietokoneohjelmistolla, joihin on valittavana useampia eri ohjelmointikieliä.

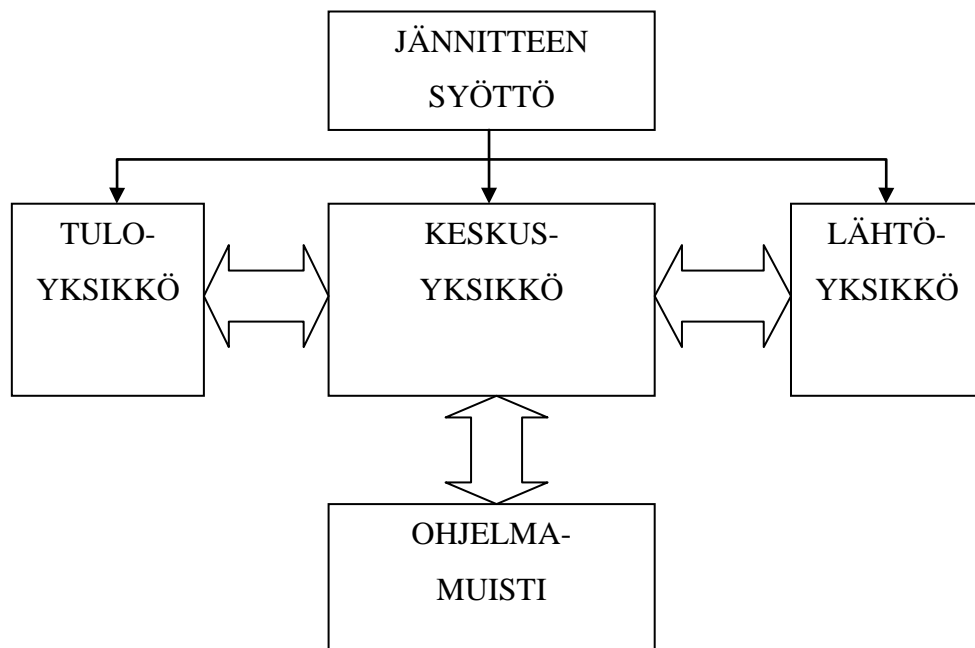
Eri logiikkoiden periaatteellinen ero on valmius, jolla ne suorittavat eri ohjaustoiminnot. Askeltavat logiikat etenevät hierarkisesti askel askeleelta ja ovat hyvin yksinkertaisia. Toinen ryhmä ovat ohjelmoitavat logiikat, jotka ovat toiminnassaan osana ohjausjärjestelmää.

Ohjelmoitava logiikka on vaativampi ohjelmoida, mutta se kykenee myös tarvittaessa valvomaan järjestelmän tilaa reaaliajassa. Ohjelman kirjoitusjärjestyksellä ei ole väliä, sillä ohjelmaa selataan jatkuvasti ja se tapahtuu kiertävästi.

2.2 Lohkokaavio

Ohjelmoitava logiikka rakentuu useammasta eri yksiköstä, jotka ovat yhteydessä toisiinsa, vaikka saattavatkin sijaita erillään toisistaan. Yleensä ohjelmoitavasta logiikasta löytyvät seuraavat yksiköt: tuloyksikkö, lähtöyksikkö, keskusyksikkö, jännitteen syöttö ja ohjelmamuisti.

Tuloyksikköön liitetään kaikki tulevat signaalit ja lähtöyksikköön toimilaitteet. Ohjelmamuisti pitää sisällään logiikan toimintaa säätelevät käskyt, joita keskusyksikön tehtävänä on suorittaa. Jännitteen syöttö tuottaa järjestelmän tarvitsemat jännitteet. Seuraavalla sivulla olevassa kaaviossa näkyvät ohjelmoitavan logiikan eri lohkot ja niiden väliset vuorovaikutukset.



Kaavio 1. Toimintalohkokaavio

2.3 Ohjelmamuisti

Eri logiikoiden muistit ovat aina binäärimuisteja, eli numeroista käytetään vain kah- ta, ykkösiä ja nollia. Yhdessä käskyrivissä on kahdeksan numeroa, eli bittiä. Muistien kapasiteettia ilmoitetaan yleisimmin merkinnällä k, eli kilo. Tällöin tarkoitetaan aina tuhatta bittiä. Muisteja käytetään lähinnä ohjelmamuistina ja apumuistina.

Muisteja on kahta eri pääryhmää eli ROM- ja RAM-tyyppisiä muisteja. ROM, eli read only memory on valmiiksi ohjelmoitu lukumuisti, jolloin sitä ei voi jälkikäteen muuttaa. Kun taas RAM, eli random acces memory on yleisesti käytetty ohjelmoita- vien logiikoiden ohjelmamuistina, sillä siihen voi lukemisen lisäksi kirjoittaa vapaas- ti tietoa.

Näistä ryhmistä käytetään yleisimmin kolmea eri muistityyppiä. CMOS-RAM on luku- ja kirjoitusmuisti, joka aina käytettävissä, mutta vaatii aina sähköä tietojen py- symiseen. EPROM on vain lukumuisti, jota käyttäjä voi ohjelmoida erillisen ohjel- mointilaitteen avulla. EEPROM on ns. kestumuisti, johon voi kirjoittaa ja sitä voi myös lukea, eikä se ole riippuvainen sähkövirrasta.

2.4 LOGO!-n esittely

LOGO! on mikroprosessoripohjainen yleiskäyttöinen ohjelmoitava logiikka. Tällä korvataan monia releillä toteutettuja ohjauksia. LOGO!-lla voidaankin toteuttaa rakentamisessa ja teknisissä ratkaisuissa, sekä kone- ja laiterakennuksessa esiintyviä tehtäviä. Sitä voi käyttää myös erilaisissa valvontajärjestelmissä tai kasvihuoneissa, ohjaussignaalien käsittelyssä ja AS-i-kommunikointimoduulilla hajautettuun, koneiden ja prosessien paikan päällä tapahtuvaan ohjaukseen. (*LOGO! käsikirja versioista 0BA6 ja 0BA7*).

Näytöllä varustetussa basic-versiossa (kuva 1) on 8 lähtö- ja 4- tuloliitäntää.

Etulevyssä on neljä kursorinäppäintä, sekä ESC- ja OK -näppäin. Myös paikka muistikortille on laitteen etuosassa.



Kuva 1. LOGO! 0BA7 (basic) (Kuva: LOGO! tuote-esite /4/).

Seuraavilla sivuilla ovat taulukoituna laitteen tekniset tiedot, taulukot 1 ja 2. (*Siemens My Documentation Manager* /2/). Muita dokumentteja, sekä tietoa löytyy samasta lähteestä.

Taulukko 1. Tekniset tiedot (*Siemens My Documentation Manager /2/*)

	LOGO! 24RC LOGO! 24RCo
Power supply	
Input voltage	24 V AC/DC
Permissible range	20.4 ... 26.4 V AC 20.4 ... 28.8 V DC
Reverse polarity protection	--
Permissible mains frequency	47 ... 63 Hz
Power consumption	<ul style="list-style-type: none"> 45 ... 130 mA 24 V AC 40 ... 100 mA 24 V DC
Voltage failure buffering	typ. 5 ms
Power loss	<ul style="list-style-type: none"> 1.1... 3.1 W 24 V AC 1.0 ... 2.4 W 24 V DC
Backup of the real-time clock at 25 °C	typ. 80 hours without battery card typ. 2 years with battery card
Accuracy of the real-time clock	typ. ± 2 s / day
Digital inputs	
Number	8, optional P action or N action
Electrical isolation	No
Number of high speed inputs	0
Input frequency	<ul style="list-style-type: none"> max. 4 Hz Normal input -- High speed input
Max. continuous permissible voltage	26.4 V AC 28.8 V DC
Input voltage	L
<ul style="list-style-type: none"> Signal 0 Signal 1 	<ul style="list-style-type: none"> < 5 V AC/DC > 12 V AC/DC
Input current at	<ul style="list-style-type: none"> < 1.0 mA Signal 0 > 2.5 mA Signal 1

Taulukko 2. Tekniset tiedot jatkuu

Delay time at	LOGO! 24RC LOGO! 24RCo
<ul style="list-style-type: none"> • 0 to 1 • 1 to 0 	<ul style="list-style-type: none"> • typ. 1.5 ms • typ. 15 ms
Line length (unshielded)	max. 100 m
Analog inputs	
Number	--
Range	--
max. Input voltage	--
Digital outputs	
Number	4
Output type	Relay outputs
Electrical isolation	Yes
In groups of	1
Control of a digital input	Yes
Continuous current I_{th}	max. 10 A per relay
Surge current	max. 30 A
Incandescent lamp load (25000 switching cycles) at	1000 W
Fluorescent tubes with ballast (25000 switching cycles)	10 x 58 W
Fluorescent tubes, conventionally compensated (25000 switching cycles)	1 x 58 W
Fluorescent tubes, uncompensated (25000 switching cycles)	10 x 58 W
Derating	none; across the entire temperature range
Short circuit-proof cos 1	Power protection B16, 600A
Short circuit-proof cos 0.5 to 0.7	Power protection B16, 900A
Parallel output circuits for power increase	Not permitted
Protection of output relay (if desired)	max. 16 A, characteristic B16
Switching rate	
Mechanical	10 Hz
Ohmic load/lamp load	2 Hz
Inductive load	0.5 Hz

2.5 Käyttökohteet

Automaatio helpottuu LOGO!:n avulla, koska sillä on helppo ohjata esimerkiksi valaistusratkaisuja, kuljetuslaitteita, energian hallintaa ja etenkin kaikkea, missä on automatiikkaa. Tyypillisiä LOGO!:n käyttökohteita ovat taloautomaation perustoiminnot. Pienlogiikka on tarkoitettu pienimuotoisen automaation toteuttamiseen ja modernisointeihin, etenkin toimintoihin joihin on aiemmin käytetty kellokytkimiä sekä aika- ja ohjausreleitä. Laitetta ei tarvitse ohjelmoida, vaan valmiiksi ohjelmoituja toimintoja yhdistelemällä saadaan aikaan haluttu ohjausjärjestelmä.

Kellotoimintojen avulla voidaan esimerkiksi säätää pattereiden lämmitystä, sekä valot toimimaan vain tiettyinä aikoina, jolloin kustannukset pienenevät. Muutoksia on helppo toteuttaa laitteen koko elinkaaren aikana. LOGO!:a voi myös laajentaa erilaisen laajennusmoduulien avulla tarpeen niin vaatiessa. (*Siemens Suomi*).

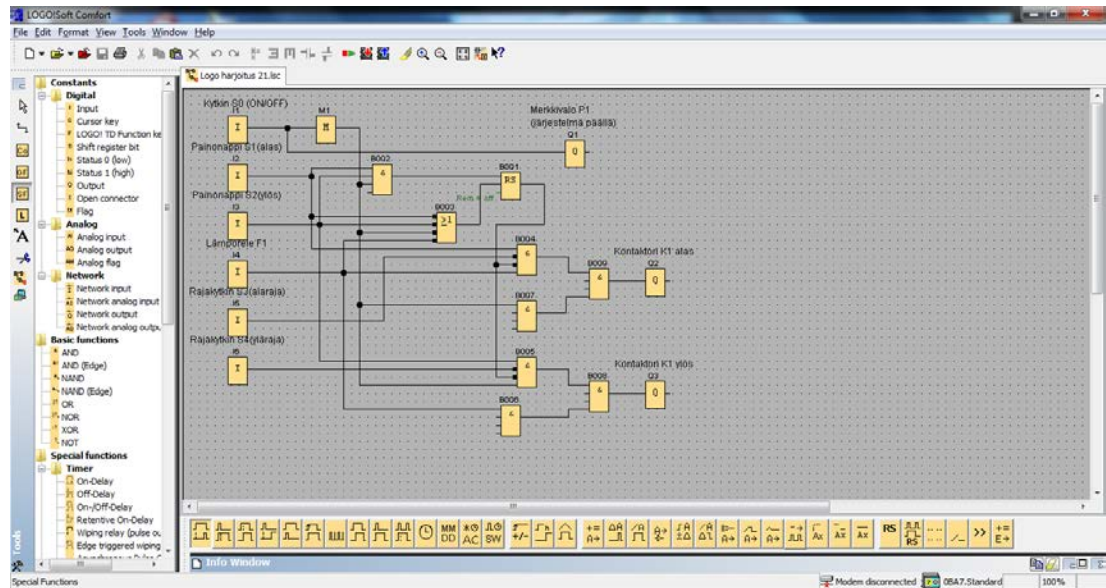
2.6 LOGO! Soft Comfort V7.0

Logiikan ohjelmointi voidaan simuloida etukäteen Soft Comfort – ohjelman kanssa. Käyttöä helpottaa kun ohjelmointi, projektin simulointi ja dokumentointi onnistuvat helposti leikkaa ja liimaa -periaatteella. Ohjelmia voi luoda kahdeksan perustoiminnon ja kolmenkymmenen erikoistoiminnon avulla.

Ohjelmia saa laadittua joko rele-, tai toimintalohko esitysmuodossa yksikertaisesti valitsemalla ensin funktion ja sitten vetämällä ja pudottamalla se ohjelmakaavioon. Eri ohjelmien toiminnallisuuden voi testata simuloimalla PC:n offline-simulaation avulla, jolloin PC:n ja LOGO!:n välinen yhteys on katkaistuna. Myös online-testaus, eli yhteys muodostettuna, on mahdollista molemmissa esitysmuodoissa tuotannon ollessa käynnissä. (*Siemens Suomi / LOGO! tuote-esite*).

Opetusalustan testaamista ja käyttöönottoa varten on opinnäytetyön liitteinä 10.-25. useampi esimerkkiohjelma, joiden avulla eri toimintoja, sekä LOGO!:a voidaan ko-

keilla. Kuvassa 2. näkyy paitsi lohkokaaaviona tehty ohjelma, niin myös valikoima eri funktioita kaavion alapuolella, sekä vasemmalla reunalla.



KUVA 2. Esimerkki Soft Comfortilla tehdystä lohkokaaaviosta. (Kuva: Jani Ruttonen, 2014).

3 TAVOITTEET

Varsinainen opinnäytetyö alkoi opetuslustyksi tulevan moduulin reunaehtojen ja eri tavoitteiden määrittämisellä. Niiden jälkeen vasta pystyi esimerkiksi laitteen fyysistä muotoa ja kokoa paremmin hahmottamaan. Koululla on entuudestaan jo useita koulutuslustyja rakennettuna eri logiikoiden ympärille, joten näistä sai hyvää vertailupohjaa ja tutkimusaineistoa eri rakenteiden hyvistä ja huonoista puolista.

Opetuslusty rakenteen tuli olla selkeä, kestävä ja mahdollisimman yksinkertainen. Myöskin käytettävyyden kannalta sen haluttiin olevan helposti käyttöönotettavissa ja säilyttämisen osalta vaivaton. Laitetta käytettäisiin ammattikorkeakoulun konetekniikan laboratoriossa osana perusopintoja, joten oli huomioitava helppous etenkin aloittelevan käyttäjän näkökulmasta.

Koska laitteeseen tulisi paljon johtoja, kytkimiä ja liittimiä, oli niiden toteuttamiseen ja sijoitteluun kiinnitettävä koko projektin ajan huomiota. Niinpä komponenttien valinnoissa päätettiin käyttää vain hyväksi havaittuja osia. Huolellisella sijoittelulla saataisiin rakenteeseen selkeyttä ja käytettävyyttä.

Vaikka erinäisiä osia joutuisi hankkimaan koulun ulkopuolelta, oli ainakin itse koonpanon oltava mahdollista suorittaa koulun tarjoamissa puitteissa. Samalla suunnitteluvaiheessa oli mietittävä tarkkaan osien pitämistä yksinkertaisina ja karsimaan kaikki ylimääräinen pois lopullisesta tuotteesta.

4 ERI VAIHTOEHTOJEN KARTOITUS

Tämän opinnäytetyön eteenpäin viemiseksi oli tärkeää ensin kartoittaa eri vaihtoehtot koulutusalueen perusrakenteeksi. Tämä käsittää ulkomuodon ja materiaalien lisäksi vielä kaikki laitteeseen tulevat kytkennät. Se tulisi sisältämään ohjelmoitavan logiikan yksikön ja mahdollisesti virtalähteen. Pienempiä osia, kuten liittimiä pystyi paremmin alkaa valitsemaan vasta, kun itse rakenne oli selvillä.

Osa tutkimustyötä oli tutustua itse LOGO!:n rakenteeseen, käyttötarkoituksiin ja ohjelmointiin. Logiikan ohjelmoinnin suhteen tuli perehtyä Siemensin Soft Comfort – ohjelmaan, jolla logiikkakaavio-ohjelmointi oli nopeaa ja havainnollista.

Ulkomuoto

Koska laitteen tuli olla etenkin ulkoisesti mahdollisimman selkeä, kestävä ja yksinkertainen oli umpinaisen koteloinnin mahdollisuutta vertailtava avonaiseen rakenteeseen. Molempia ratkaisuja oli käytetty jo aiemminkin.

Umpinaiseksi koteloidun moduulin hyviä puolia ovat juuri edellä mainitut asiat. Hankalaksi toteuttamisen kannalta tekee juuri sen umpinaiseksi rajattu rakenne. Koteloa ei voisi jälkikäteen laajentaa, eikä mitään voisi jättää sen ulkopuolellekaan. Etukäteen piti saada hahmoteltua kotelolle jonkinlainen minimikoko, jonka sisään kaiken tarvittavan saattoi saada sopimaan.

Avonaisen rakenteen suunnittelussa oli taas enemmän vapauksia tilankäytön suhteen, lisäksi toteuttaminen olisi nopeampaa ja helpompaa. Haittapuolina on helppo nähdä etenkin johdotusten ja liitäntöjen alttius ulkoisille haitoille.

Pulpettimallin koettiin soveltuvan hyvin, koska siinä on mahdollisuus saada kaikki käyttäjän kannalta olennainen näkyviin samaan tasoon, eli kansilevyyn. Samalla päädyttiin etsimään jokin valmis kotelointiratkaisu, joka olisi varmasti itse rakennettua vähätöisempi ja kustannustehokkaampi toteuttaa.

Materiaalit

Erilaisia kotelointiratkaisuja etsittiin Elfaelektroniikan tuoteluettelosta. Tarjolla oli paljon eri vaihtoehtoja teräksestä, ruostumattomasta teräksestä, alumiinista ja ABS -muovista. Laitteen kestävyys näkökulmasta metallisen kotelon käyttäminen oli ensisijainen vaihtoehto, mutta työstettävyyden ja painon kannalta oli järkevämpää päätyä muoviseen toteutukseen. Lisäksi ABS-muovi on jäykkää. Ulkonäön puolesta-kin muovista toteutettu kotelo täytti vaatimukset, sillä se on sileä- ja kiiltäväpintainen.

Kytkenät ja johdotukset

Etukäteen oli jo selvää, että koteloinnin sisällä olevaan rajalliseen tilaan tulisi paljon johtoja, joiden lopullinen pituus selviäisi vasta kokoonpanon edetessä. Kytkeäjä tehdessä tulikin samalla muutettua johdotuksia niin, että kytkennät olisivat mahdollisimman helppoja suorittaa kokoonpanoa tehtäessä. Syynä tähän oli kotelon ja pohjalevyn yhdistäminen, joka oli tehtävä viimeisenä, kun kaikki kytkennät oli jo suoritettu. Sitä ennen täytyi johtojen pituutta optimoida, sillä kaikki ylimääräinen oli tiellä pohjalevyn ja kannen yhteen liittämisen vaiheessa.

Virtalähde

Koska koulutuslupa oli tarkoitus saada kaikki yhteen siirreltävään pakettiin, oli alkuperäisessä suunnitelmassa tavoitteena tutkia virtalähteen integrointia osaksi rakennetta. Käytännön syistä virtalähde päätettiin kuitenkin jättää pois varsinaisesta moduulista, johon tuotaisiin virta naparuuvien kautta 24 voltin tasajännitteelle muunnettuna. Tila ei todennäköisesti olisi riittänyt sille ja koteloinnin sisällä ei siten olisi koskaan vaarallisen suurta jännitettä.

Itse valmistettavat osat

Pelkkä valmis kotelointi ei tarjoaisi kaikille prototyyppiin tuleville osille riittävästi kiinnityspaikkoja, joten oli vielä suunniteltava kotelointiin yhdistettäväksi asennuksen kannalta tärkeitä osia. Lisäksi kotelon etulevyn tekeminen kokonaan uudestaan tulisi olemaan helpompaa toteuttaa, kuin olemassa olevan muokkaaminen. Etenkin työn jälki olisi siistimpää, koska osia voitaisiin leikkauttaa laserilla tai muulla vastaavalla tietokoneistetulla numeerisella leikkumenetelmällä, eikä tarvitsisi turvautua epätarkempiin menetelmiin.

5 OPETUSALUSTA

5.1 Rakenteen suunnittelu

Opinnäytetyönä tehtävän harjoitusalueen oli määrä koteloida sopivan kokoiseen, painoiseen, sekä mielellään tyylikkääseen koteloon. Rakenteen oli tarkoitus olla suljettu, mutta tiiviiden suhteen ei ollut juuri vaatimuksia. Materiaaliksi siis valikoitui muovi, joka olisi tarkoitukseen sopivan kevyt, sekä helposti työstettävissä, sillä tiettyjä liitännöitä ei haluttu kotelon etupuolelle.

Minimivaatimuksena oli irrotettava kansilevy, joka tehtiin kokonaan uudestaan vahvemmassa materiaalista. Tässä tapauksessa 1,5 mm:n vahvuisesta ruostumattomasta teräksestä. Kansilevy leikattiin laserilla, jolloin siihen tuli samalla kaikki tarvittavat reiät liittimille, kytkimille, LED-valoille, sekä LOGO!:n näytölle. Koska laserilla oli mahdollista tehdä myös kaiveruksia kansilevyyn, päätettiin kaikki tarpeelliset merkinnät etulevyyn tehdä myöskin laserilla.

Itse LOGO!:n oli määrä olla mahdollisimman hyvin suojassa koteloituna niin, että vain ohjelmointipainikkeet ja taustavaloilla varustettu näyttö jäisivät näkyviin koteloinnin ulkopuolelle. Logiikkamoduulin pohjassa on ura asennuskiskoa varten, johon se saadaan kiinnittymään pikalukituksen avulla. Asennuskiskoa ei saisi kotelon pohjalevyyn kiinnitettyä suoraan, sillä kotelon etulevy on hieman vinossa kulmassa ja myös logiikkamoduuli tulisi saada asennettua samansuuntaisesti. Tähän tarkoitukseen tarvittaisiin vielä oma asennuslevynsä.

Kotelon pohjalevyn sisäpuolella oli valmiiksi useita paikkoja kiinnitysruuveja varten, joten itse asennuslevyn kiinnittämistä varten ei tarvitsisi tehdä reikiä kotelon pohjalevyyn. Asennuslevy tehtäisiin samasta materiaalista, kuin etulevykin ja samalla siihen leikattaisiin valmiiksi reiät sekä pohjalevyyn kiinnittämistä, että asennuskiskon asentamista varten. Kiskoon voisi myös asentaa tarvittavan määrän liittimiä johdotuksia varten. Asennuslevyyn oli tehtävä särmäyksiä, jotta LOGO! saataisiin sekä sopivaan kulmaan, että etäisyydelle etulevyyn nähden.

5.2 Kotelo

Elfaelektroniikan tuoteluettelosta löytyi sopivan kokoinen musta, alle puoli kiloa painava ruiskuvalulla toteutettu muovinen pulpettikotelo (kuva 3). Kotelon kokoa etukäteen arvioitaessa päädyttiin kahdesta vaihtoehdosta isompaan. Siinä komponenteille, liitännöille ja mahdollisille muutoksille olisi riittävästi tilaa.



Kuva 3. Pulpettikotelot, joista isompi valikoitui käytettäväksi. (Kuva: Elfaelektroniikka tuoteluettelo /5/)

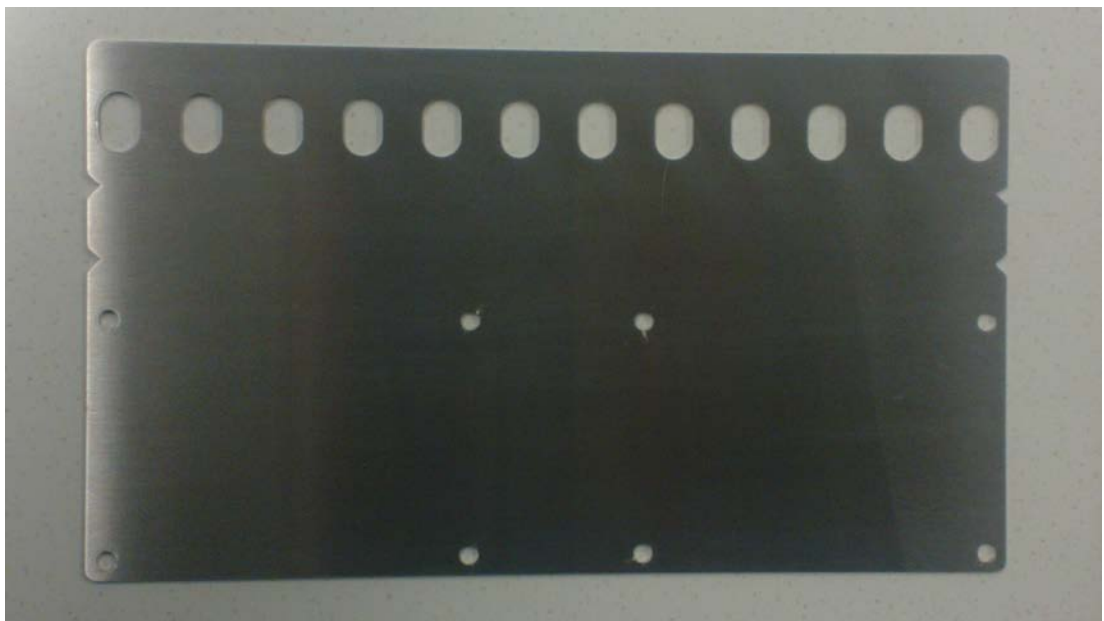
Lisäksi mukana tulivat sekä irrotettava kansi- ja pohjalevy. Kotelon kanssa toimitettua peltistä 1 mm:n vahvuista etulevyä ei kuitenkaan haluttu alkaa työstämään, vaan uusi etulevy tehtäisiin tukevammasta ja tyylikkäämmästä materiaalista. Itse kotelo oli paksuudeltaan 3 mm.

Koteloon kuuluva pohjalevy, joka oli muovia kelpaisi työhön sellaisenaan. Lisäksi pohjalevyssä oli sisäpuolella jo valmiina useita kiinnitysruuvien paikkoja, joten pohjalevyn läpi ei tarvinnut tehdä ylimääräisiä reikiä tai muuta vastaavaa sisäpuolelle tulevien osien kiinnittämistä varten.

Muovikotelon etupuolella oli valmiina 2 mm syvä upotus etulevylle, jonka koko määritteli myös itse etulevyn äärimitat. Upotuksen nurkkiin oli valettu myös paikat etulevyn kiinnitysruuveja varten, joihin oli valun sekaan integroitu metalliset holkit, joissa oli valmiina halkaisijaltaan kolmen millimetrin sisäkierre.

5.3 Asennuslevy

Pohjalevyn kiinnityspisteisiin sijoitettavaksi suunniteltiin erityinen asennuslevy, johon itse logiikkamoduulin tuli kiinnittyä tukevasti, sekä mahdollisesti muitakin komponentteja tarpeen mukaan. Asennuslevy valmistettiin käytännön syistä samasta materiaalista kuin etulevykin. Koska logiikkamoduulissa itsessään oli jo valmiudet alapinnassaan sen kiinnittämiseen ns. kiinnityskiskoon, tehtiin metalliseen asennuslevyyn valmiiksi reikiä, jotta kiinnityskisko olisi helppo pultata kiinni. Reijistä muotoiltiin soikeita, koska näin kiskon kiinnityspaikan suhteen jäisi hieman työvaraa.



Kuva 4. Asennuslevyn valmiiksi laserleikattu aihio. (Kuva: Jani Ruttonen, 2014).

Asennuslevyn tärkein tehtävä oli kuitenkin saada itse LOGO! asemoitua sopivalle kohdalle etulevyyn valmiiksi tehtävään reikään. Tästä reiästä tuli tehdä juuri sopivan kokoinen, jotta vain korkein osa logiikkamoduulia jäisi näkyviin ja käyttäjiin operoitavaksi. Tässä osassa sijaitsevatkin LOGO!:n näyttö, käyttöpainikkeet ja paikka muistikortille. Asennuslevyn mittapiirustus löytyy liitteenä 3.

Jotta LOGO! olisi oikealla korkeudella etulevyyn nähden oli asennuslevyyn suunniteltava särmäykset tietyille astekulmille ja etäisyyksille. Juuri etulevyssä LOGO!:a varten olevan ja sopivan ahtaaksi mitoitettun reiän takia oli kiinnityskiskon paikoitukseen tehty hieman reilummat reiät syvyyssuunnassa. Itse logiikkamoduulin

paikkaa pystyi taas helposti säätämään leveyssuunnassa asennuskiskoa pitkin. Korkeussuunnassa oli noin kolme millimetriä työvaraa molempiin suuntiin, joten särmäykset, joita tuli kaksi, sai melko helposti tehtyä kohdalleen. Itse särmääminen helpotui, kun käytti särmäysmallina asennuslevyn sivuprofiilin paperitulostetta, joka oli kokoa 1:1. Asennuslevyn särmäyspiirustus on liitteenä 4. Särmäykset myös jäykistivät asennuslevyn rakennetta entisestään.

5.4 Etulevy

Alkuperäinen, pulpettikotelon mukana toimitettu etulevy ei ollut missään vaiheessa vaihtoehtona lopulliseen kokoonpanoon, sillä siihen olisi joutunut muokkaamaan reikiä jälkikäteen manuaalisesti, jolloin työn jälki ei ole riittävän hyvää ja mittatarkkaa. Materiaali oli yhden millimetrin vahvuista peltiä, joten se oli turhan ohuttakin.

Lopulliseksi materiaaliksi valikoitui 1,5 mm:n paksuinen ruostumaton teräs, joka on paitsi jäykempää, myös kestävämpää ja tyylikkäämmän näköistä. Kustannuksiin ei materiaalin laadulla juuri ole merkitystä, sillä levyn tarve opinnäytetyöhön on pieni. Etulevyn mittapiirustus on liitteenä 2. ja osaluettelo liitteenä 1.

Ruostumattomien osien leikkaus tapahtui HT Laser Oy:n toimesta, joka on aiemminkin toimittanut ohutlevyleikkeitä Tampereen Ammattikorkeakoululle. Sen toimialaa ovat muiden muassa ohuista metallimateriaaleista tehtävät tuotteet, kuten laserleikkurilla tehtävät tarkat ohutlevyosat ruostumattomasta teräksestä.

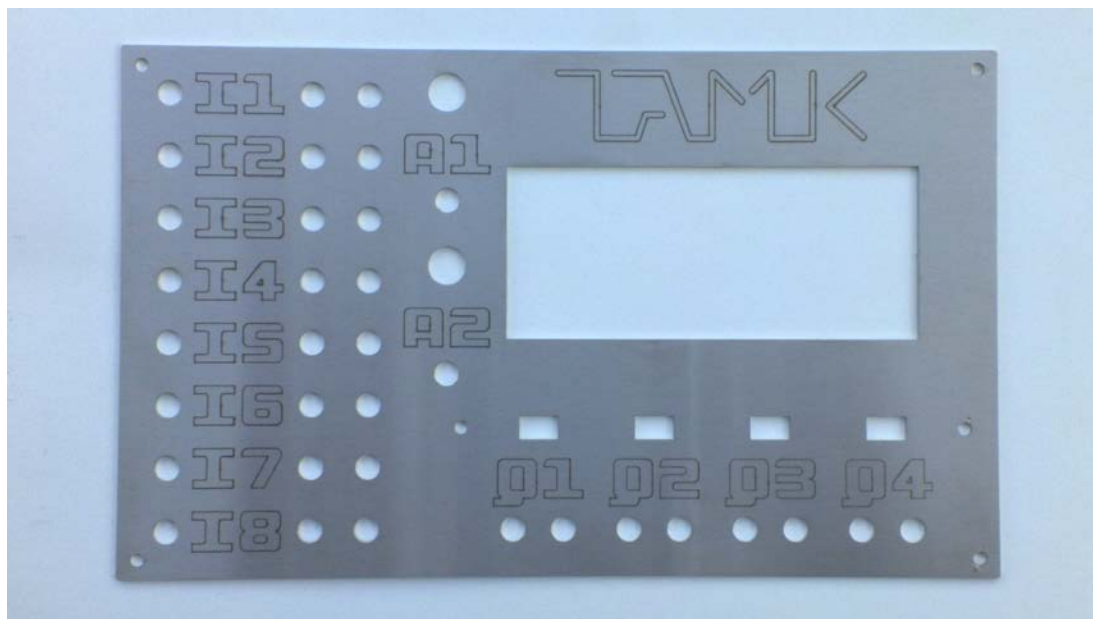
Etulevyä suunniteltaessa kävi ilmi, että leikkauksen yhteydessä olisi mahdollista myös kaivertaa osiin tekstiä tai kuvioita. Aiemmin harjoitusaluksiin oli tehty merkinnät jälkikäteen lähinnä tarrakirjoittimella, mutta nyt päätettiin kokeilla kaivertamista, sen ollessa mahdollista. Laserilla tehty kaiverrus osoittautui sopivan siroksi ja jälki oli muutenkin hyvää. Mittatarkkuus oli myös korkealla, joten esimerkiksi reikiin ei tarvinnut jättää välystä kuin kaksi millimetrin kymmenesosaa. Tämä oli etenkin ulostulojen LED – valojen reikien suunnittelussa tärkeää, sillä reikien ja merkki- valojen väliin jäisi tuskin huomattavaa rakoa.

Ainoat jo etukäteen määräytyneet reikien paikat olivat etulevyn nurkkiin tulevat kiinnitysruuvien reiät, sillä kotelossa oli jo valmiina upotetut messinkiset kiertteet 3 mm:n paksuisia metalliruuveja varten.

Suunniteltaessa etulevyn layoutia ilmeni, että tilaa reikiä ja kaiverruksia varten on melko vähän. Reikien koko ei ollut ongelma, vaan niiden välinen etäisyys, sillä koko harjoitusalueen käytettävyys huononee, jos eri liittimet ja kytkimet ovat asemoituna aivan toisiinsa kiinni. Piti myös ottaa huomioon eri komponenttien tilantarve kotelon sisäpuolella, sillä etenkin potentiometriä rungot vaativat paljon suuremman tilan kuin itse pintapuolella näkyvät säätönupit. Lisäksi johdotusta ajatellen oli hyvä jättää hieman rakoa.

Oman tilansa vaati myös piirilevy, johon LED-valot ja niiden etuvastukset juotettiin kiinni (liite 8.). Piirilevyn kiinnittämiseen tarvitsi sijoittaa valmiiksi kaksi reikää ruuveille. Itse tekstin koko tuli säilyttää riittävän suurena, jotta se olisi selkeän näköistä. Ainoaan tyhjään tilaan, johon ei voisi upottaa komponentteja alla olevan logiikka-moduulin vuoksi, mahtui hyvin Tampereen Ammattikorkeakoulun logo kaiverrettuna.

Kuvassa 5 on laserleikattu etulevy, jossa vasemmalla reunalla näkyvät reiät signaali-kytkimille ja näiden vieressä kaiverrettuna kunkin tulosignaalin lyhenne ja näiden vieressä reiät liittimille. Analogiatulojen lyhenteiden molemmin puolin on reiät potentiometriä nupeille, sekä valintakytkimille. Suorakaiteen muotoinen aukko on logiikan etulevyä varten ja sen alapuolella reiät lähtösignaalien valoille, sekä liittimille ja näiden lyhenteet kaiverrettuina.



KUVA 5. Etulevy leikattuna ja pestynä. (Kuva: Jani Ruttonen, 2014).

Kotelon etulevy ja muut leikatut metalliosat olivat pinnalla olleen öljyn poispesemisen jälkeen valmiina käytettäviksi, eikä esimerkiksi leikkausjälkeä tarvinnut viimeistellä hiomalla tms. mekaanisella käsittelyllä. Koska etulevy on näkyvin ja käytetyin osa harjoituslustausta, sen voi tarvittaessa lakata sormenjälkien, tai muiden tahrojen varalta. Moduulin prototyyppiin pintakäsittely jäi kuitenkin tekemättä, ainakin tois-
taiseksi.

5.5 Liitännät

Koteloituun moduuliin tuli saada 24 voltin tasavirta naparuuvien välityksellä, joten niitä varten oli porattava reiät kotelon takaseinään. Koska ruuvit joutuisivat kohtalaisele rasiukselle, tehtiin vielä taustalevy kotelon sisäpuolelle, joka tukisi kotelo-
ruuvien kiinnityskohtiin tulevaa rasiusta vastaan. Taustalevyn piirustus liitteenä 5.

Ethernet-väylän liitännälle oli myös tehtävä oma suorakaiteen muotoinen reikänsä. Myöskin tämän liitäntä päätettiin tukea sisäpuolisella tukilevyllä (liite 6.), jolle tarvitsi tehdä myös reiät kiinnitysruuvien läpiviemistä varten. Näiden liitännöiden ase-
moinnin suhteen olikin enemmän valinnanvaraa, sillä kotelon takaosassa ei ollut mitään muita komponentteja. Molemmat tukilevyt tehtiin samasta 1,5 mm:n ruostumat-
tomasta teräksestä laserilla leikkaamalla, kuten muutkin metalliosat.

6 KOKOONPANO

6.1 Etulevyn rakentaminen

Koska etulevyä suunniteltaessa oli kaikki siihen tulevat kiinnittyvät osat jo loppuun asti mietitty, ei itse rakennusvaiheessa tarvinnut enää juurikaan käyttää aikaa siihen, vaan tulo- ja lähtöliitännät, sekä vipukytkimet sai helposti paikoilleen. Potentiometrien rungot mahtuivat hieman vaivoin paikoilleen.

Piirilevyä varten tarvitsi tehdä holkit sen ja etulevyn väliin, jotta piirilevy pysyisi hieman irti etulevystä. Tällöin jäi tilaa upottaa merkkivaloja niin, että niiden pinta tuli samaan tasoon etulevyn pinnan kanssa. Valot tarvitsivat myös kukin oman yhden *kilo-ohmin* etuvastuksensa, joka rajoittaa lediin tulevaa virtaa. Piirilevyn kuva liitteenä 8.

Etulevyyn tuli kahdenlaisia vipukytkimiä. Tulosignaalienkytkiminä käytettiin kolmiasentoisia vipukytkimiä, joissa 0-asennon lisäksi on kaksi 1-asentoa, sillä lukkiutuvan 1-asennon lisäksi tarvitaan jousipalautteista 1-asentoa signaalipulsseja varten. Toiset vipukytkimet, jotka ovat kaksitoimisia toimivat ns. valintakytkiminä, joissa on vain 1- tai 0-asento digitaalitulojen I7 ja I8, analogiatuloiksi A1 ja A2 muuttamista varten.

Molempiin analogiatuloihin oli omien plus- ja miinusliitäntöjen lisäksi laitettu potentiometrit, joihin voidaan tuoda maksimissaan 10 voltin jännite, joka on rajoitettu syöttöjännitteen 24 voltista regulaattorin avulla.

6.2 Asennuslevyn muokkaaminen

Pulpettikotelon pohjaan kiinnitettävän asennuslevyn aihio piti vielä särmätä kahteen eri suuntaan, jotta se toimisi sopivana alustana kiinnityskiskoa varten. Luonnollisen kokoisen särmäysmallin avulla se onnistui kuitenkin hyvin ja pienen säätämisen jälkeen asennuslevyn kiskoon kiinnittyvä tasokin oli juuri oikeassa kulmassa. Pienikin heitto särmäyksen astekulmassa näkyisi todella selvästi valmiissa tuotteessa.

Kuvassa 6 näkyy, kuinka pohjalevyyn on kiinnitetty asennuslevy ja tähän on pultattu kiinnityskisko. Soikeiden reikien ansioista on sekä vaaka-, että pystysuunnassa säätövaraa, jotta LOGO!-n saa asemoitua tarkasti etulevyssä olevaan reikään nähden.



Kuva 6. Pohjalevyyn tulevat osat paikoilleen asennettuna. (Kuva: Jani Ruttonen, 2014).

Asennuslevy kiinnitettiin kotelon irtonaiseen pohjalevyyn kartioruuveilla ja asennuskisko taas kiinnitettiin asennuslevyyn läpipulteilla. Kiskon kiinnityspultit piti jättää aluksi hieman löysälle, jotta itse LOGO!-n sai asemoitua juuri oikealle paikalleen etulevyssä olevaan reikään. Vasta sen jälkeen pystyi varsinaisen kiristämisen suorittamaan. Rakenteesta tuli todella jäykkä, eikä tämä pohjarakenne myötäisi silloin, kun LOGO!-n etupaneelia käytettäisiin.

6.3 Liitântöjen aseointi ja kiinnitys

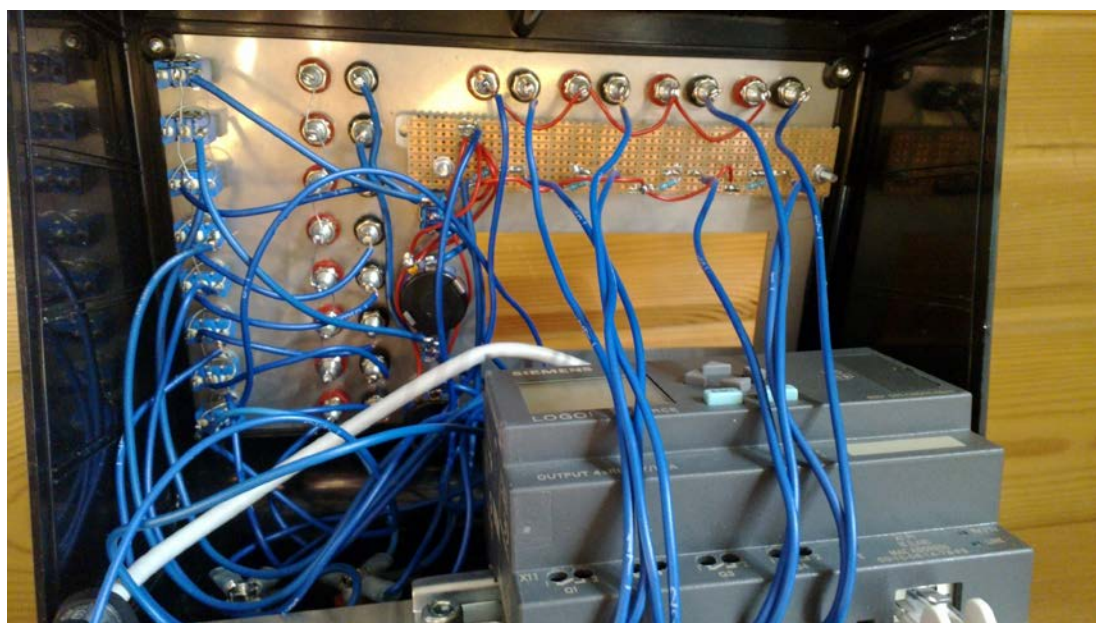
Itse liitântöjen paikkaa ei ollut etukäteen mitenkään määritelty, paitsi ettei niitä haluttu etulevyyn. Kotelon takaosa valikoitui sopivaksi paikaksi (kuva 7), sillä tällöin liittimiin menevät johdot eivät olisi tiellä, kun logiikkamoduulia käytettäisiin. Reiät näille komponenteille tehtiin pylväsporakoneella ja lankasahalla. Osat kiinnitettiin paikoilleen läpipulteilla. Kotelon takaosan mittapiirustus liitteenä 9.



Kuva 7. Liitännät kotelon takaosassa. (Kuva: Jani Ruttonen, 2014).

6.4 Johdotus

Pääosa johdotuksista tehtiin 2 mm²:n sähköjohdoilla, poikkeuksena Ethernet-liitännän parikaapeli, sekä eri komponenttien välillä tehdyt sarjaan kytkennät, jotka tehtiin ohuilla ns. ”hyppylangoilla”. Kaikki juotosliitokset tulivat etulevyyn kiinnitettyihin komponentteihin. Johtoihin oli jätetty valmiiksi työvaraa kokoonpanon helpottamiseksi ja vasta kotelon sulkemisvaiheessa lyhennettiin niitä sopivaan mittaan samalla, kun viimeiset kytkennät suoritettiin (kuva 8). Piirikaavio liitteenä 7.



Kuva 8. Kaikki johdotukset tehtyinä, kotelo yhä liittämättä pohjalevyyn. (Kuva: Jani Ruttonen, 2014).

Kokoonpanon lopputuloksena näkyy alla olevassa kuvassa (kuva 9) valmis opetus-
alusta käyttöön otettavaksi. Käytettävyyden selkeyttämiseksi tulo- ja lähtöliitännät
ovat asemoituna eri puolille etulevyä. Tarvittavat kuvat ja kaaviot on laitettu raportin
liitteiksi.



Kuva 9. Valmis mikrologiikan opetusalusta. (Kuva: Jani Ruttonen, 2014).

7 POHDINTA

Tampereen ammattikorkeakoulun tekniikan alan opiskelijoille tarkoitettu opetusalan prototyyppi tehtiin kokonaan omana kokonaisuutenaan, jossa sen komponenttien ja kokoonpanon kestävyys mietittiin alusta alkaen toistuvaa opetuskäyttöä ajatellen. Ainoa valmis komponentti ennen suunnittelua olikin itse LOGO!, jonka ympärille kaikki muu suunniteltiin. Kotelo, levyosat, kiinnikkeet, liitännät ja kaikki muu valikoitui vähitellen projektin edetessä. Työtä alettiin suunnittelemaan ns. puhtaalta pöydältä tiettyjen reunaehtojen mukaisesti.

Tämän työn lopputuloksena valmistui tuote, joka vastaa hyvin sille etukäteen asetettuja vaatimuksia, eikä mistään sille asetetuista tavoitteista tarvinnut tinkiä. Koska eri vaihtoehdot tuli kartoitettua riittävän hyvin eri vaihtoehtoja vertailtaessa, ei projektin edetessä tullut tilanteita, joissa olisi joutunut itse rakennetta muuttamaan. Suunnittelussa käytettiinkin reilusti aikaa opetusalan rakenteeseen ja eri komponenttien sijoitteluun.

Johtoja kertyi kotelon sisään huomattavan paljon, mikä hankaloitti itse kokoonpanoa, mutta tämä oli jo etukäteen odotettavissakin, sillä tutkimusvaiheessa kävi ilmi suljetun rakenteen hankaluus kokoonpanon kannalta. Suurimmat muutokset opetusalaan tulivatkin juuri johdotuksia viimeisteltäessä. Samalla myös joitain kytkentöjä tuli tehtyä uusiksi, jotta johdotus olisi mahdollisimman minimaalista ja helppoa.

Ruostumattoman teräksen käyttö etulevyn materiaalina tekee siitä paitsi kestävä, mutta myös tyylikkään. Etulevyn lopullinen ulkoasu on riittävän selkeä ja tarkoituksenmukainen. Kaikki tulo- ja lähtöliitännät ovat helposti käytettävissä. Koulutuskäytössä tehtävien kytkentöjen tekeminen ja havainnointi on tämän avulla yksinkertaista ja selkeää.

Tulevaisuudessa samanlaisia alustoja tullaan tekemään lisää ja tässä opinnäytetyössä kerätty tieto ja kokemus auttavat varmasti pääsemään hyvään lopputulokseen. Liitteenä olevat kuvat ja osaluettelo on laadittu niin, ettei mitään varsinaista mallikappaletta tarvitse rakentamisen tueksi. Eri komponentteja voi vaihtaa tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan tässä käytettyjen tilalle, kunhan ottaa huomioon niiden vaatiman tilan ja reikien sovitteet, etenkin etulevyn nähden.

LÄHTEET

1. LOGO! käsikirja versioista 0BA6 ja 0BA7. Luettu 23.4.2014.
http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/logo/logo_0ba6_ba7_web.pdf
2. Siemens My Documentation Manager. Luettu 14.3.2014.
<https://www.automation.siemens.com/mdm/>
3. Siemens (LOGO! tuotekuvaus). Luettu 2.5.2014.
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/logo.htm
4. Siemens (LOGO! tuote-esite). Luettu 23.4.2014.
http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/logo_suomi.pdf
5. Elfaelektroniikka tuoteluettelo. Luettu 20.3.2014.
https://www.elfaelektroniikka.fi/elfa3~fi_fi/elfa/init.do?item=50-276-10&toc=0&q=pulpettikotelo+abs+musta

OSALUETTELO

Pulpettikotelo BIM8007-BLK/PG, koko L=187, W=243, H=103.

Etulevy RST 225x136x2.

Sisälevy RST 235x134,3x2.

Ethernet-liittimen kiinnike RST 45x40x2.

Naparuuvien tukilevy RST 50x30x2.

Lineaarinen potentiometri 2 kpl, 10 kilo-ohmia.

Ethernet-liitin (naaras), CAT 5E RJ45 JACK, DC 1145.

Ethernet-kaapeli CAT 5 RJ45.

Vaihtokytkin 2 kpl, 3A 250 VAC.

Jousipalautteinen kytkin 8 kpl, 5638 APEM-2.

Regulaattori L7810CV.

Vastus 4 kpl, 1 kilo-ohmi.

Valodiodi 4 kpl, -3101, 6x10mm.

Napapultti 2 kpl, musta ja punainen.

Vastake Ø 4 mm naarasliitin (M6 kierre) 24 kpl, 12 kpl musta ja 12 kpl punainen.

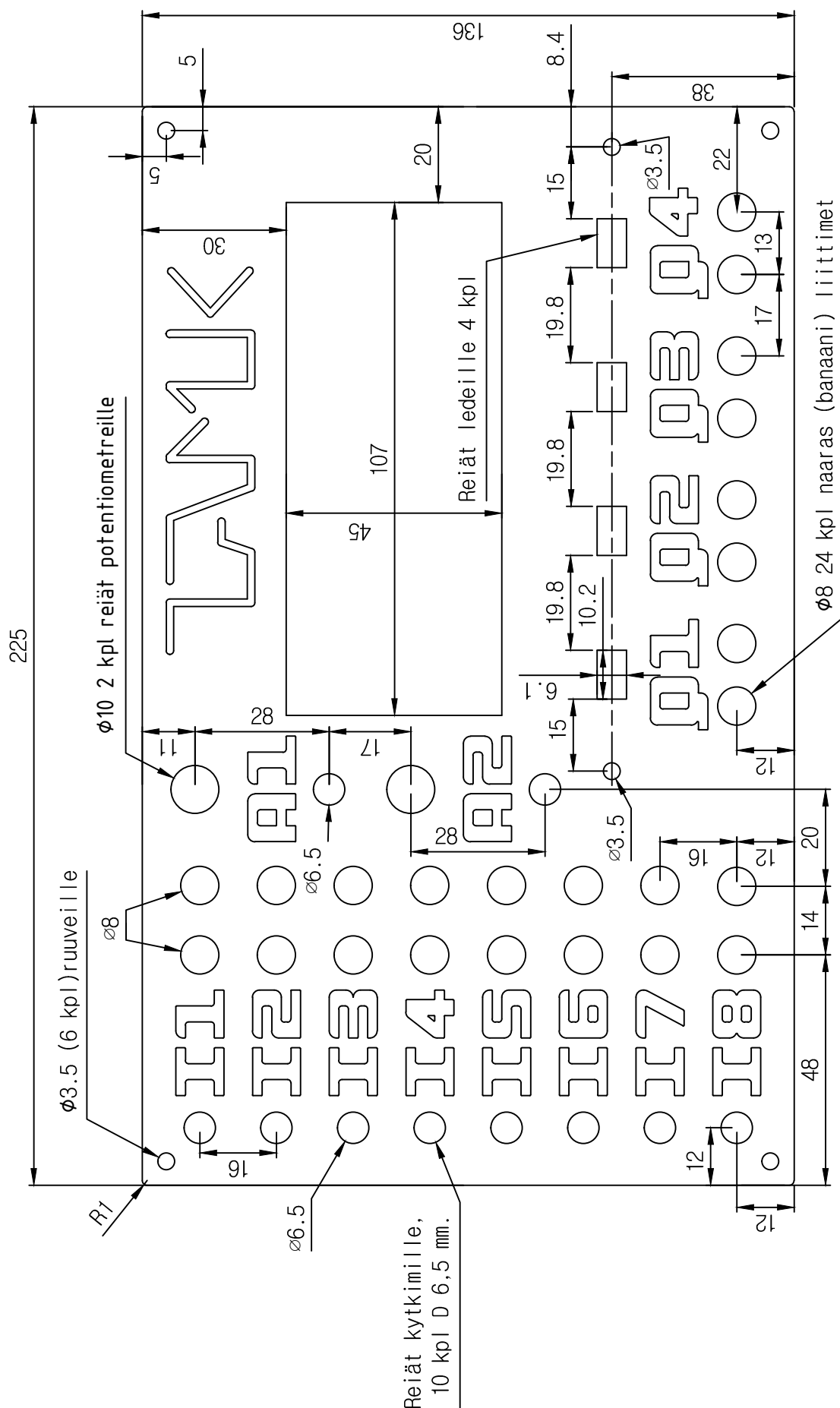
Piirilevy 145x20.

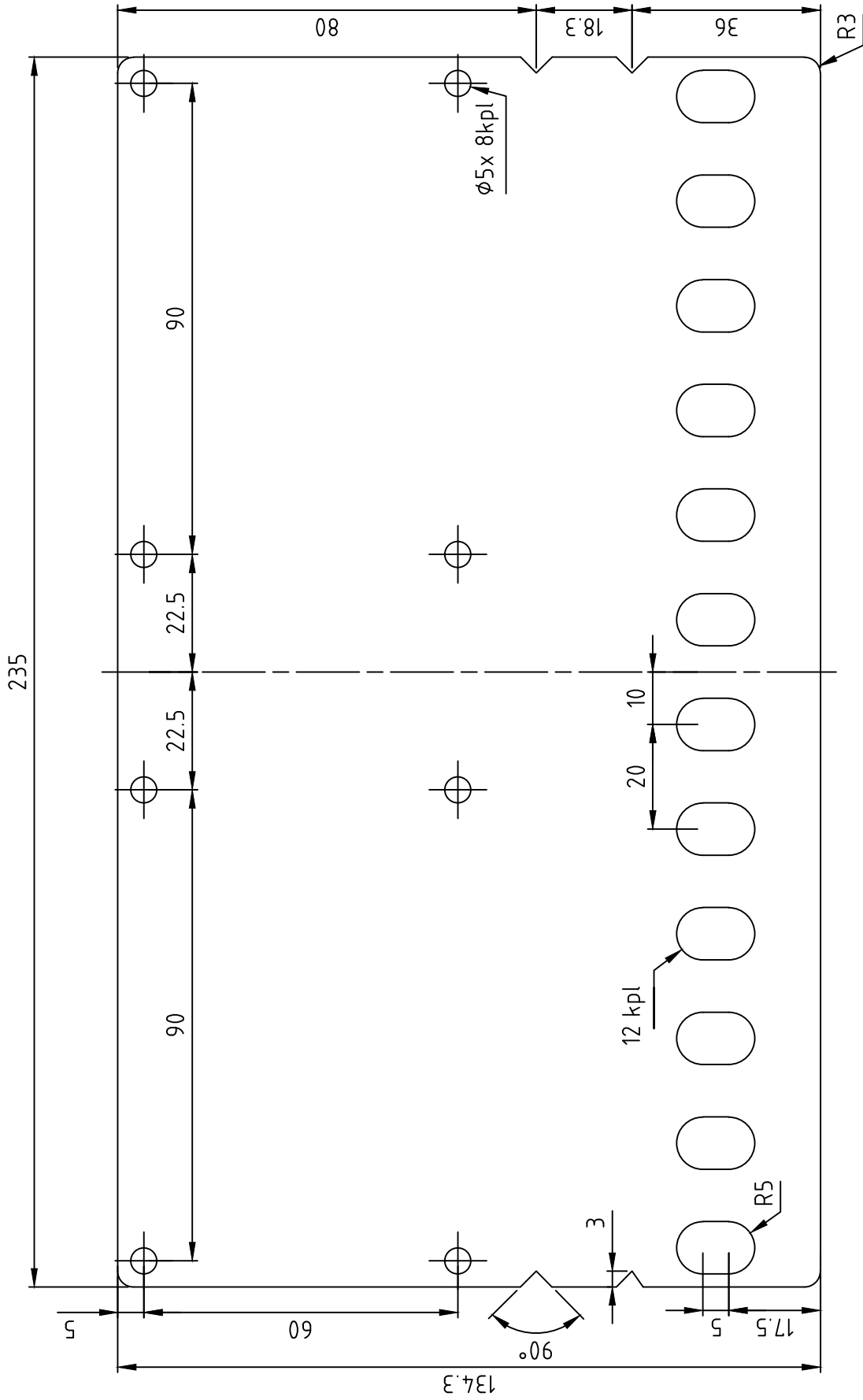
Asennuskisko 35 mm.

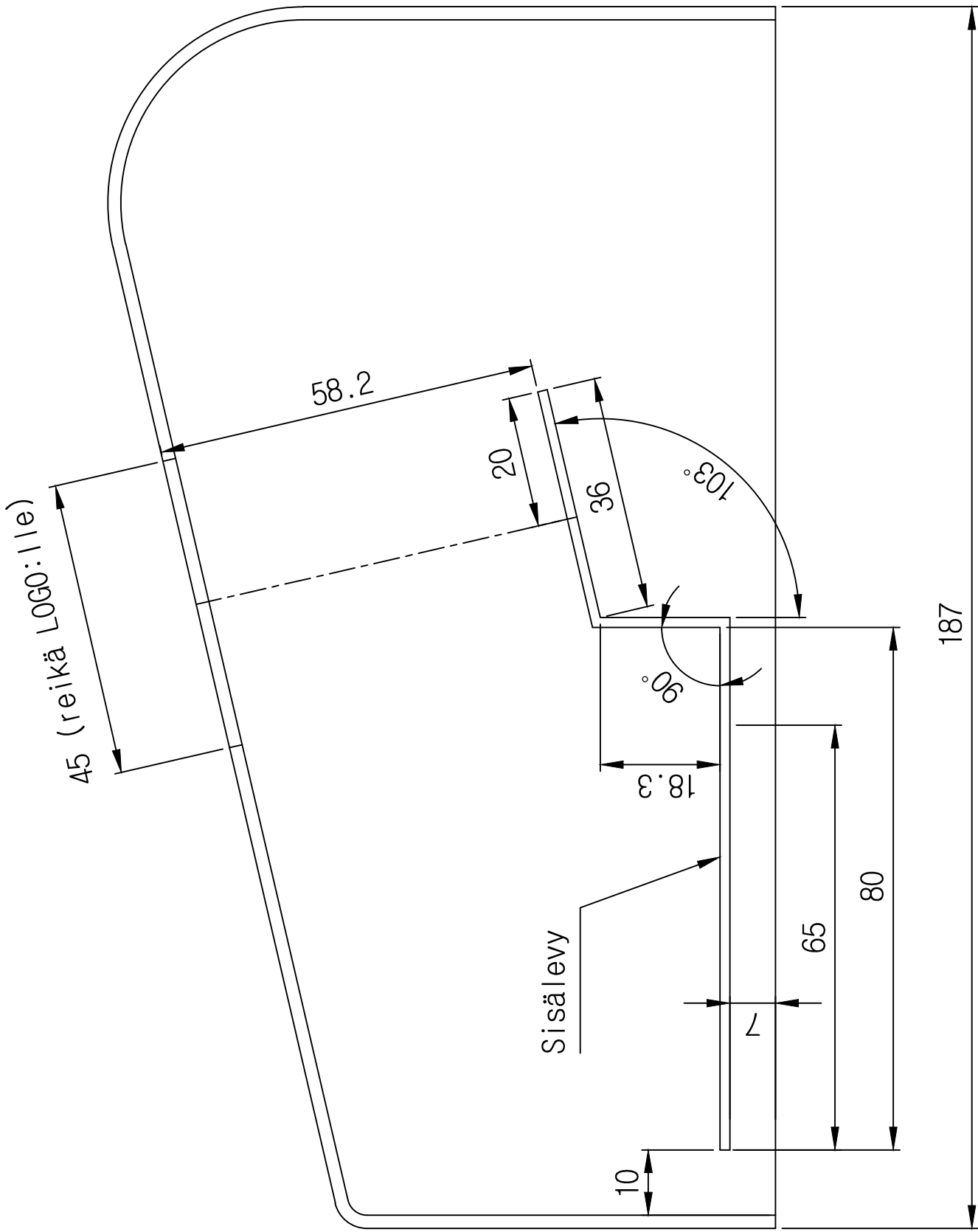
Levyruuvi Ø 2,9 mm x 6.5 mm, 6 kpl.

Kuusiokoloruuvi M10 x 16 mm, 2 kpl.

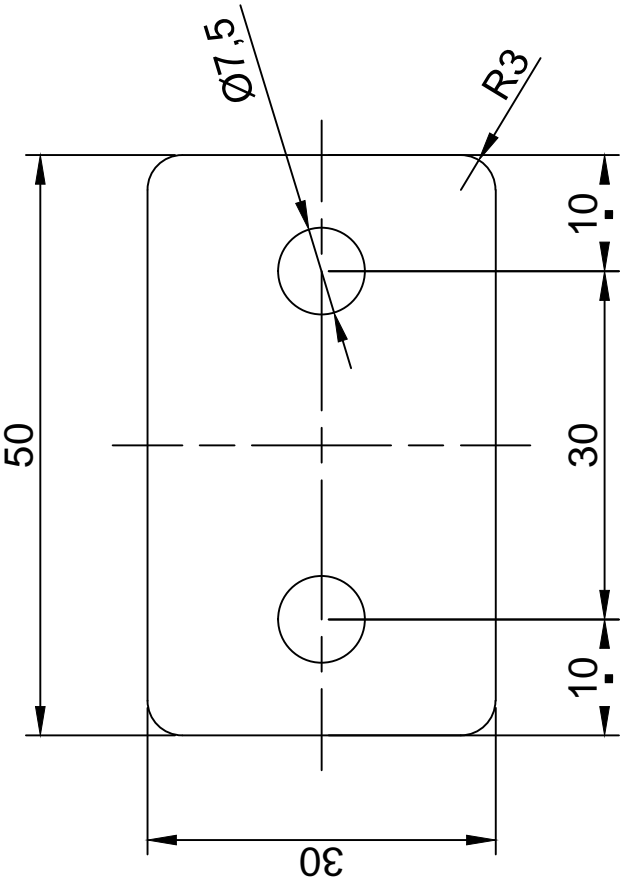
Ristiuraruuvi M3 x 15 mm.





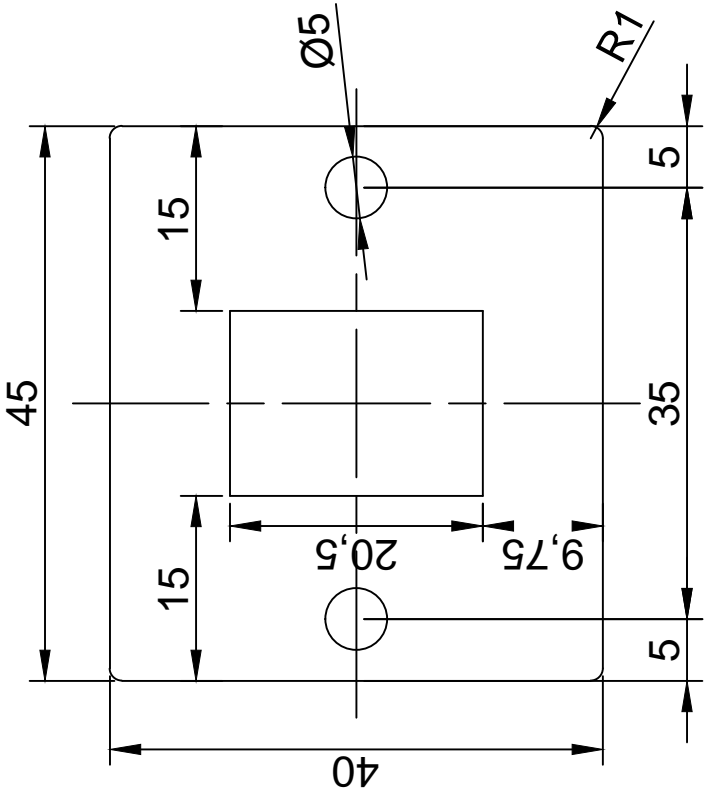


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

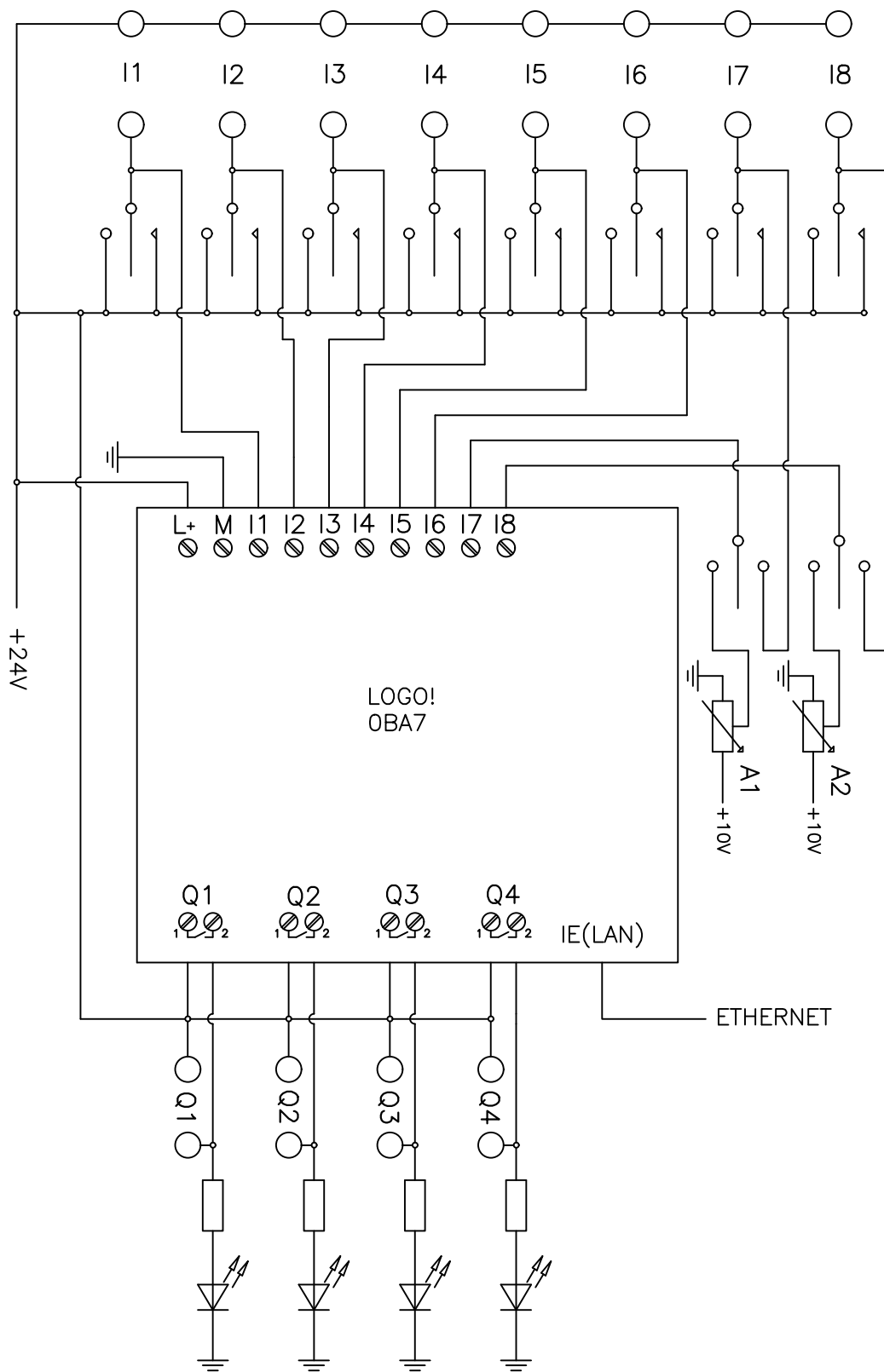
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

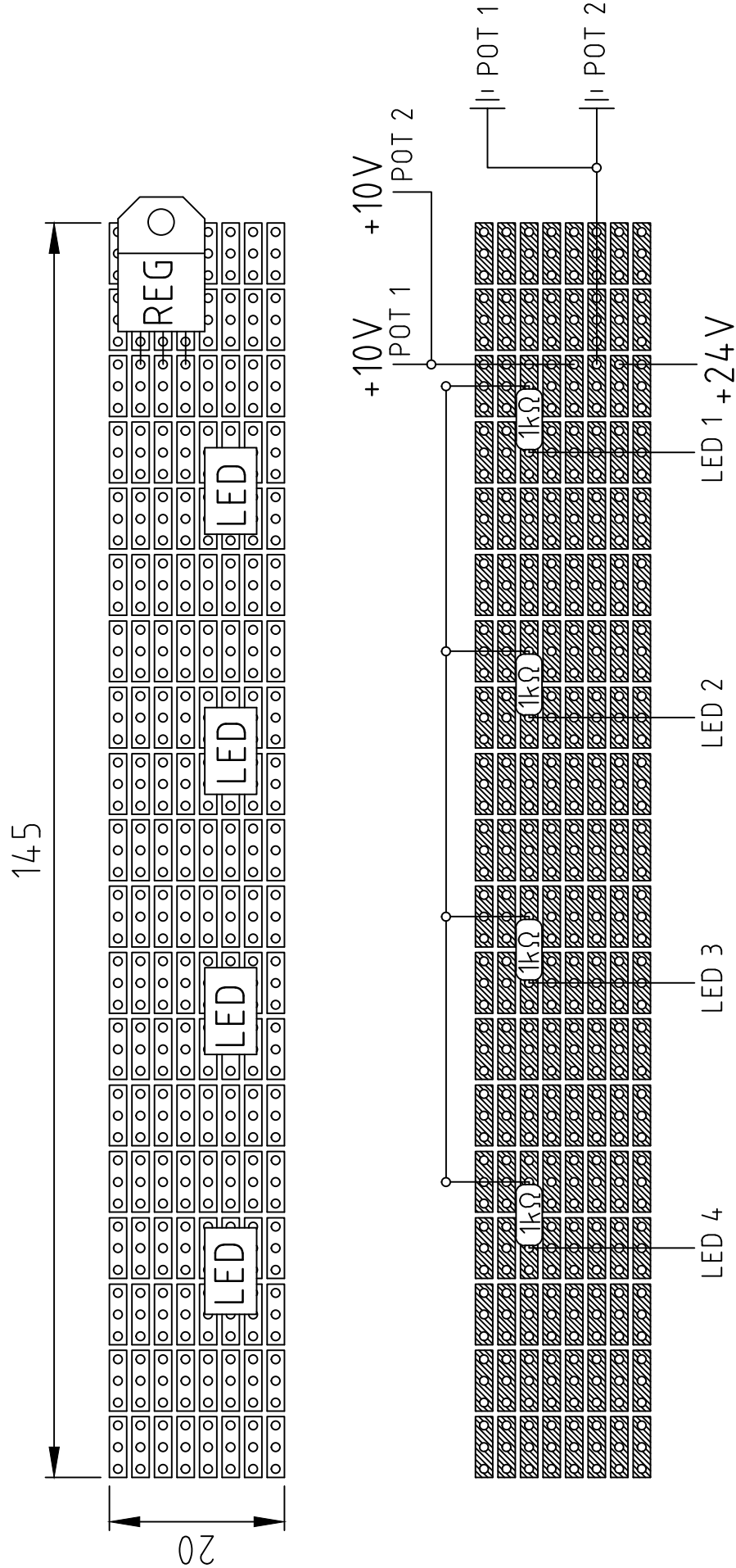


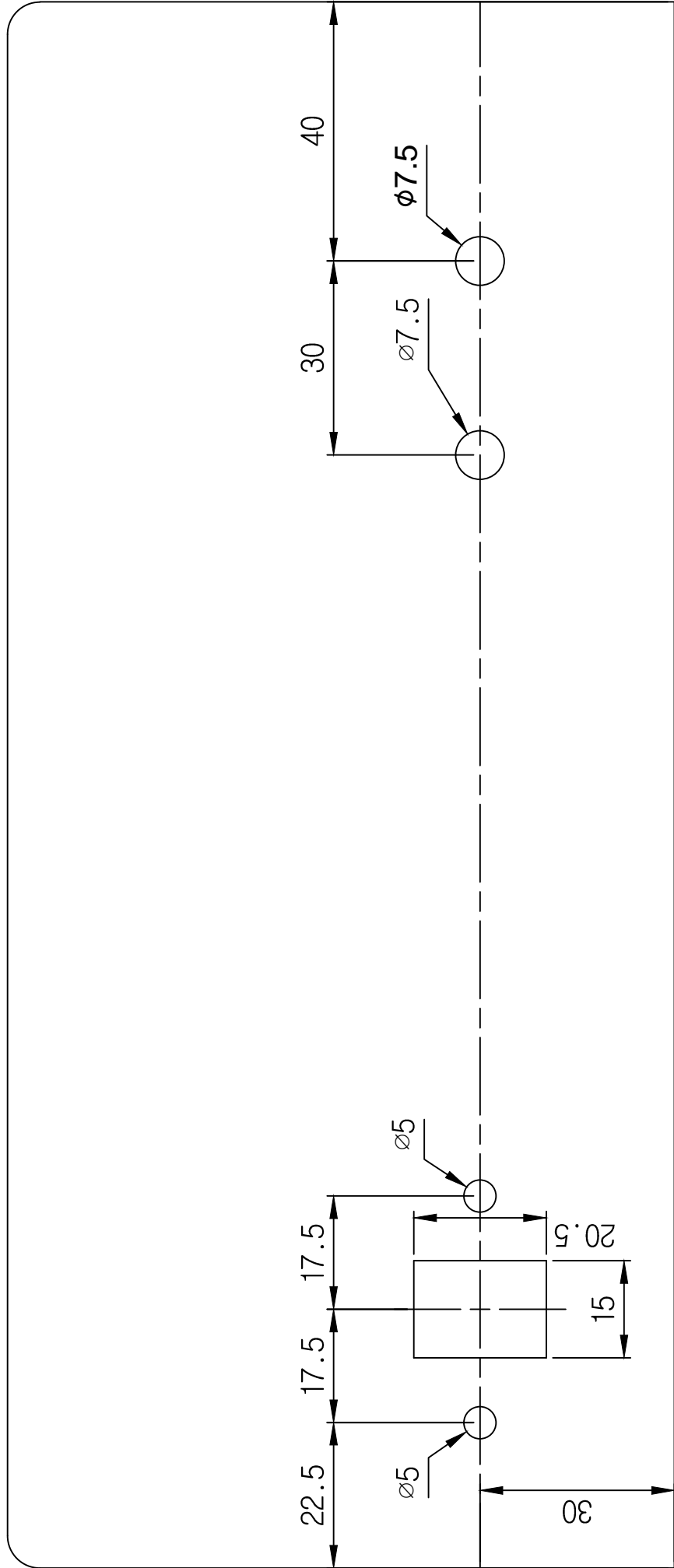
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

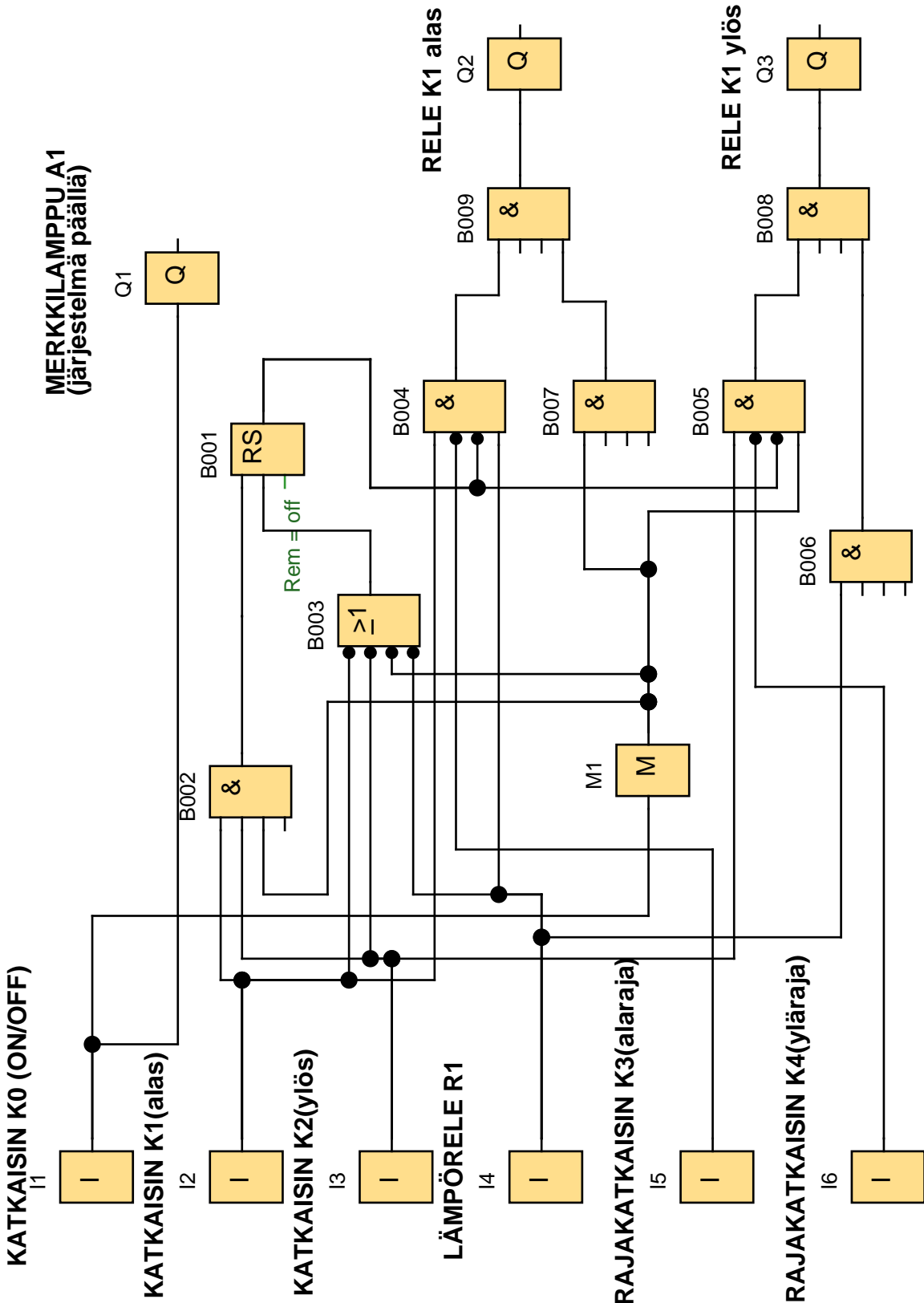
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT





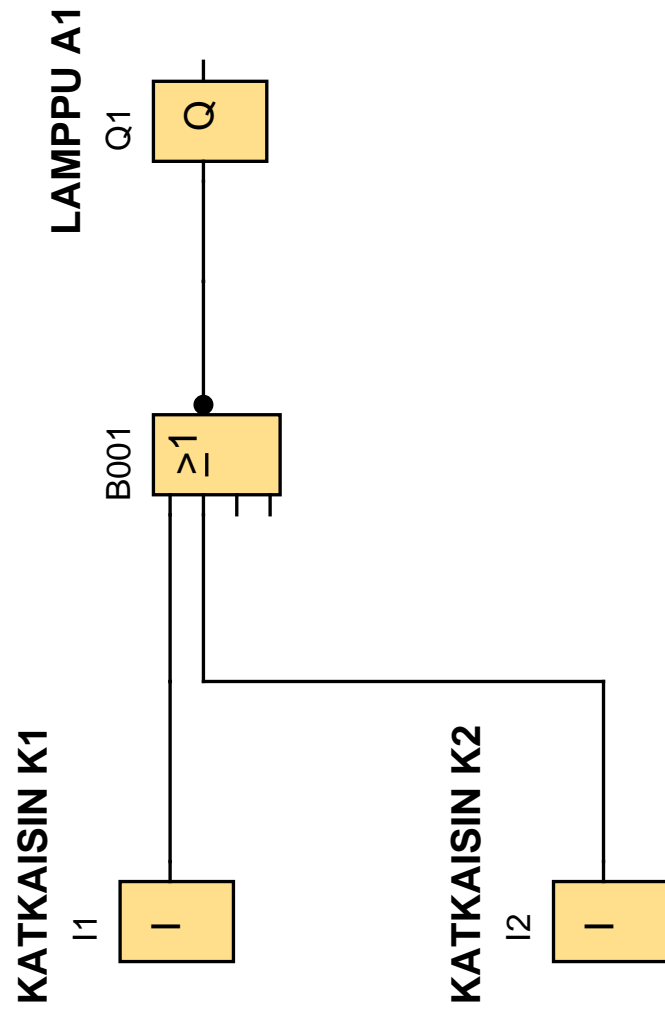


AJONEUVONOSTIN



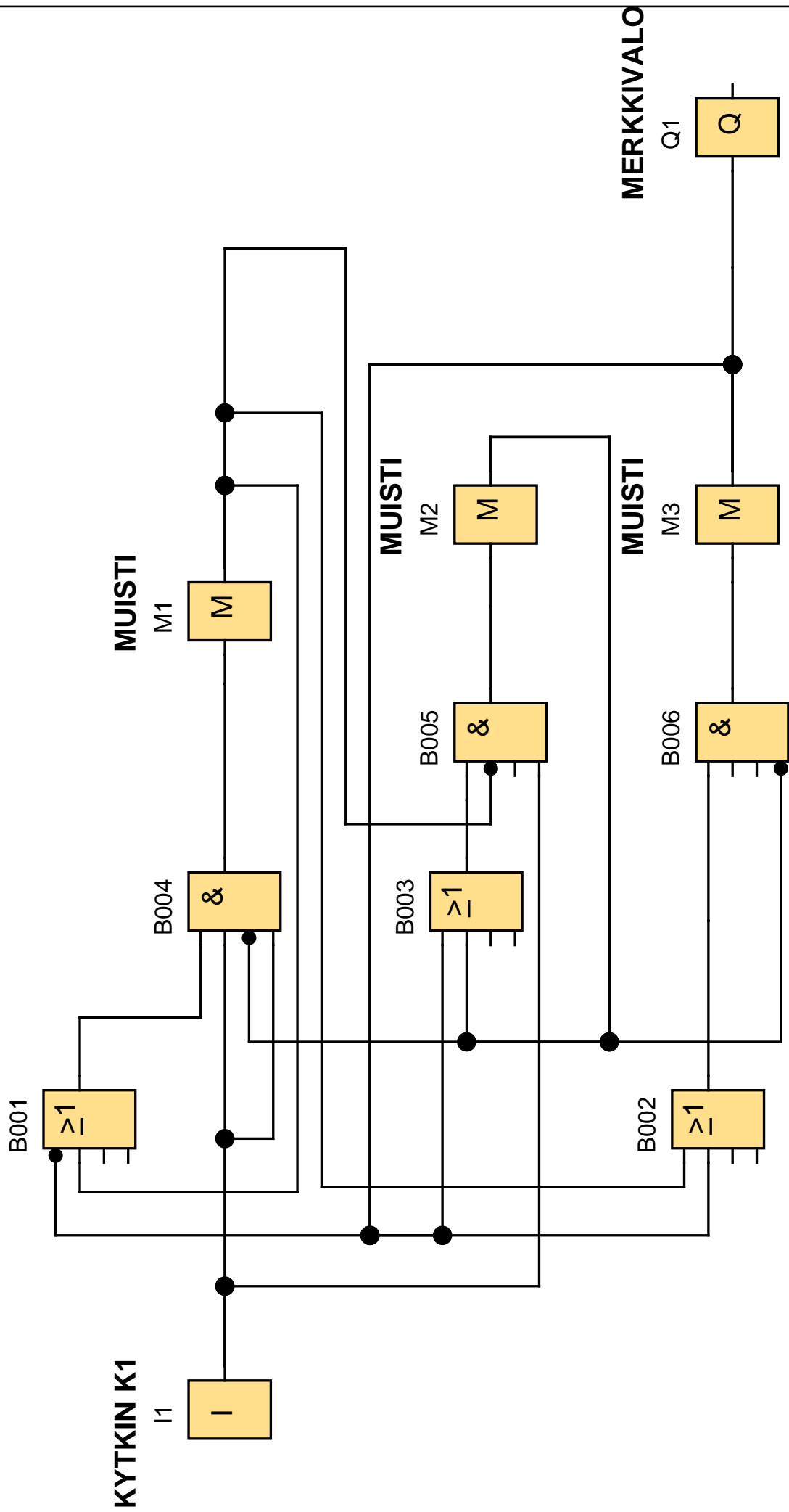
Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	4/2/14 10:02 AM/10/16/14 1:26 PM	File:	AJONEUVONOSTIN.lsc	Page:	1/11

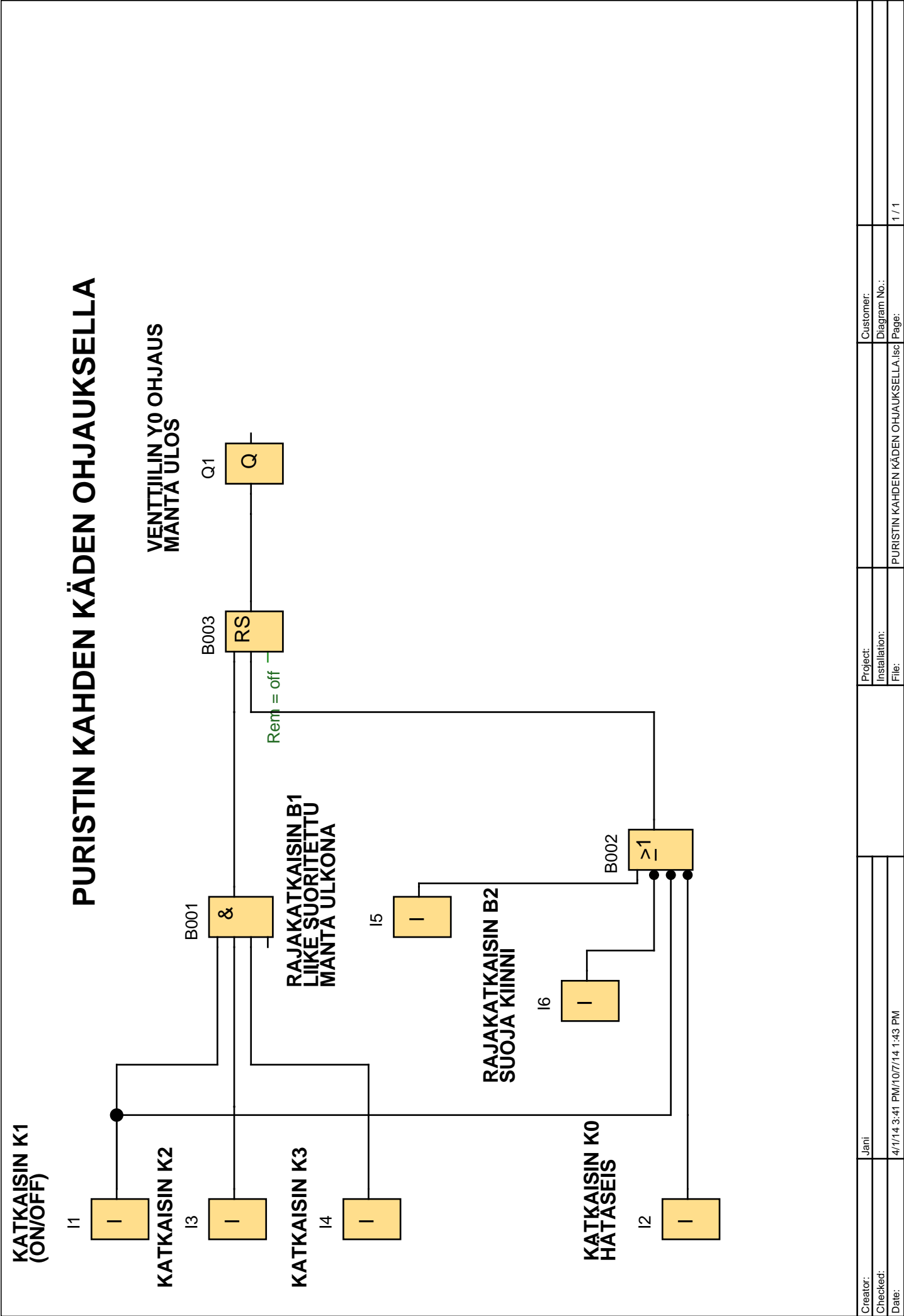
NOR-TOIMINTO HARJOITUS



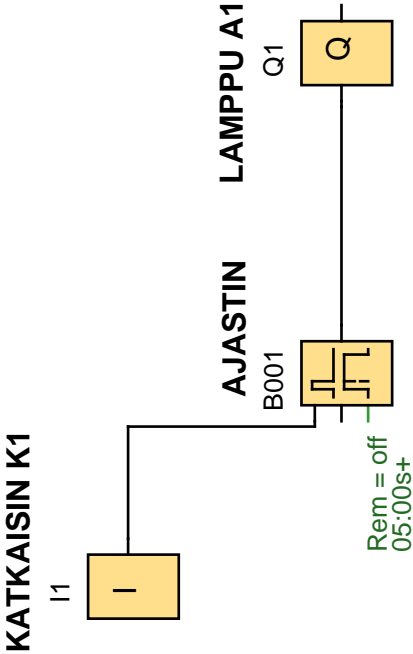
Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	3/4/14 3:45 PM/10/16/14 1:16 PM	File:	NOR-TOIMINTO HARJOITUS.lsc	Page:	1/11

PULSSIPIIRIN OHJAUS RELEILLÄ





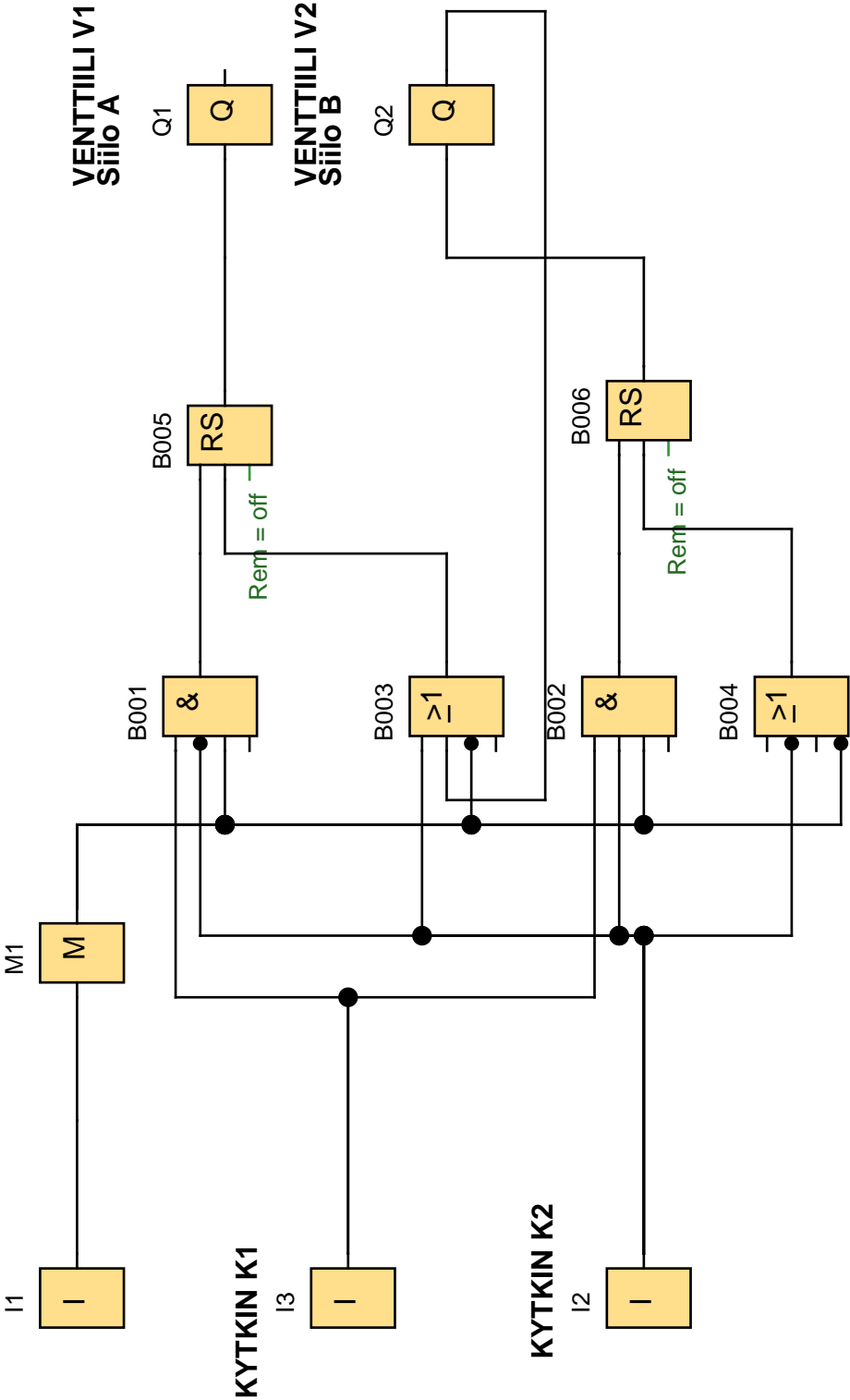
PÄÄSTÖHIDASTETTU RELE



Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	3/31/14 11:42 AM/10/16/14 1:08 PM	File:	PÄÄSTÖHIDASTETTU RELE.lsc	Page:	1 / 11

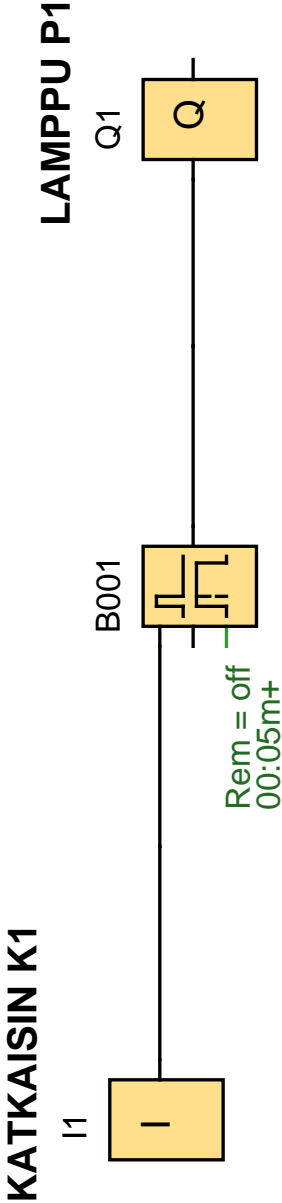
SEKOITUSASEMA

KYTKIN K0
Päälle/Pois



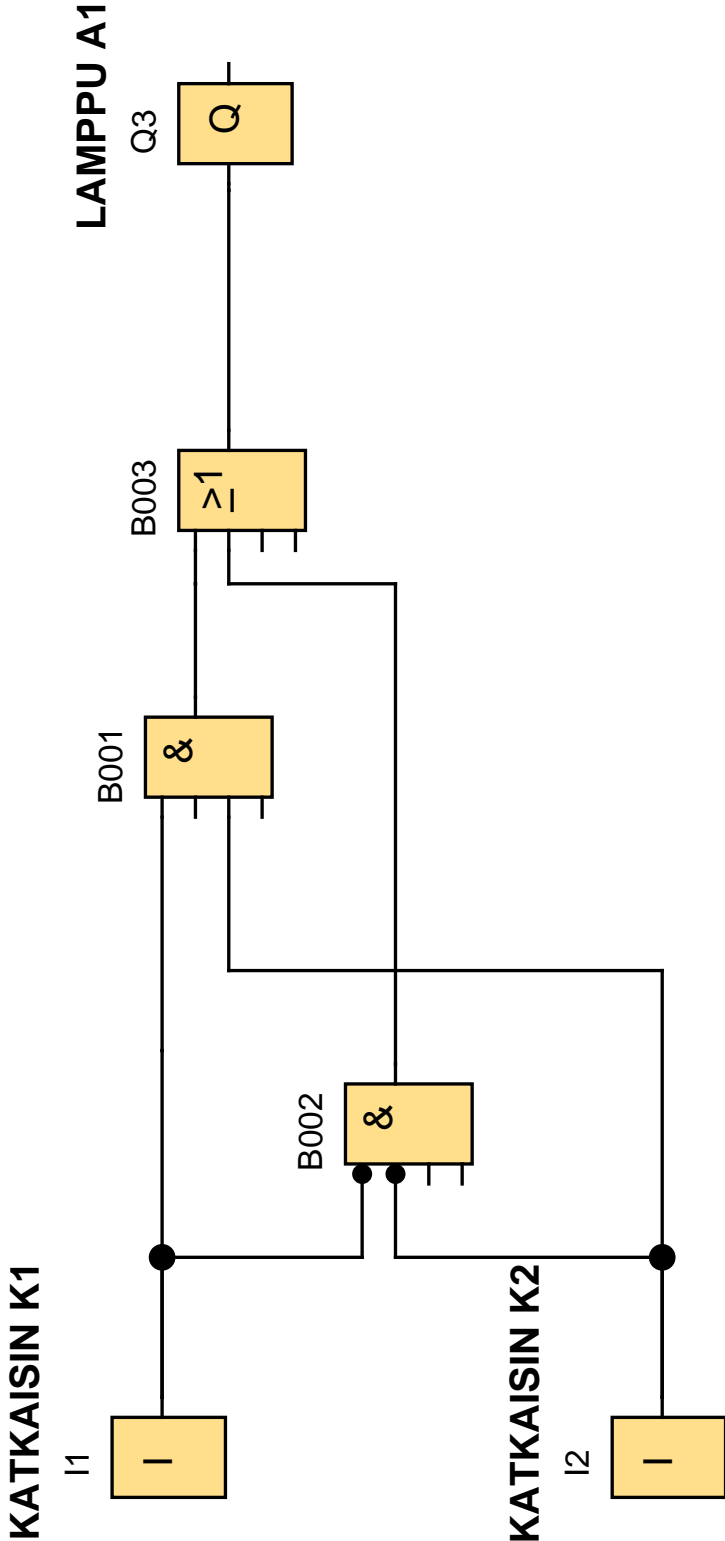
Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	3/31/14 2:26 PM/10/16/14 1:35 PM	File:	SEKOITUSASEMA.lsc	Page:	1 / 11

VALAISIMEN KATKAISU VIIVEELLÄ



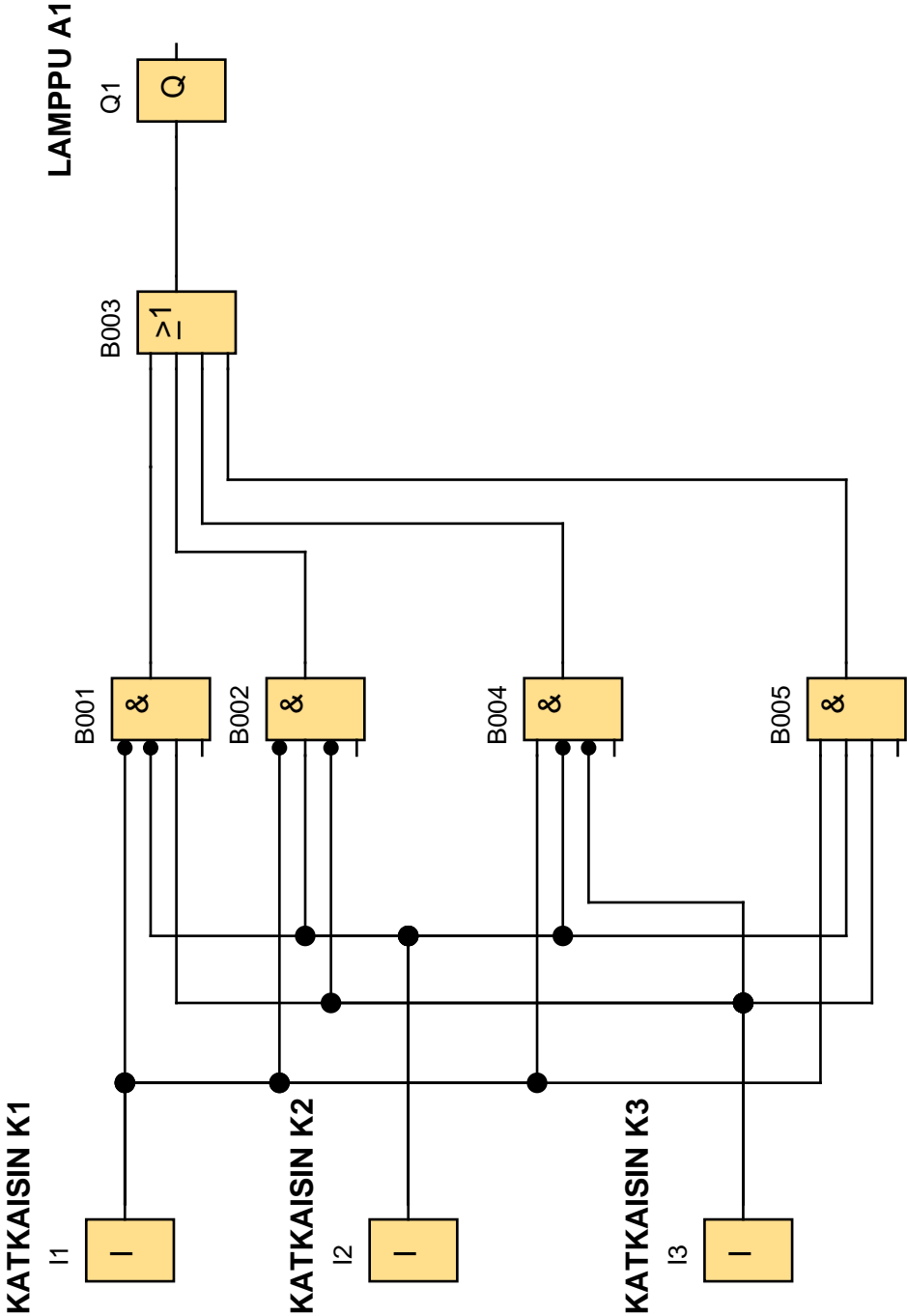
Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	3/31/14 1:34 PM/10/16/14 1:38 PM	File:		Page:	1/11
			VALAISIMEN KATKAISU VIIVEELLÄ.isc		

VALAISIMEN OHJAUS KAHDELLA ERI KYTKIMELLÄ



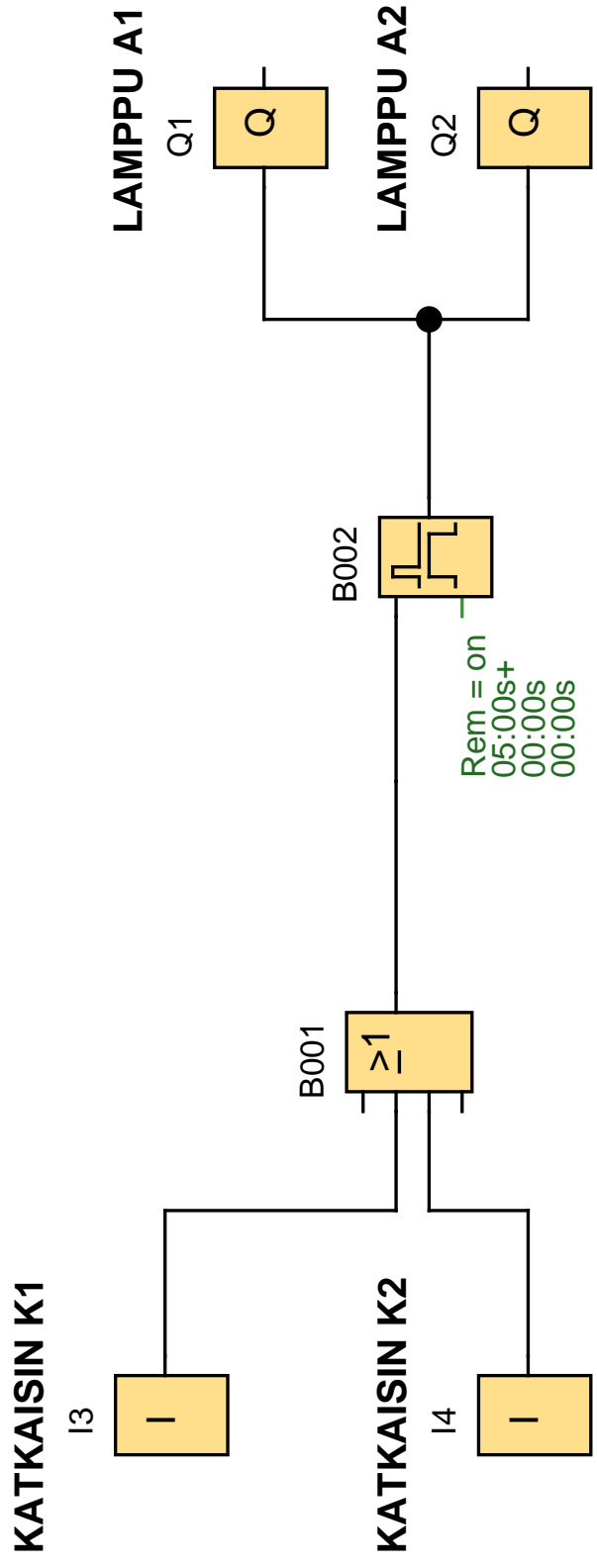
Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	3/4/14 6:08 PM/10/16/14 1:40 PM	File:		Page:	1 / 11
VALAISIMEN OHJAUS KAHDELLA ERI					

VALAISIMEN OHJAUS KOLMELLA
ERI KYTKIMELLÄ



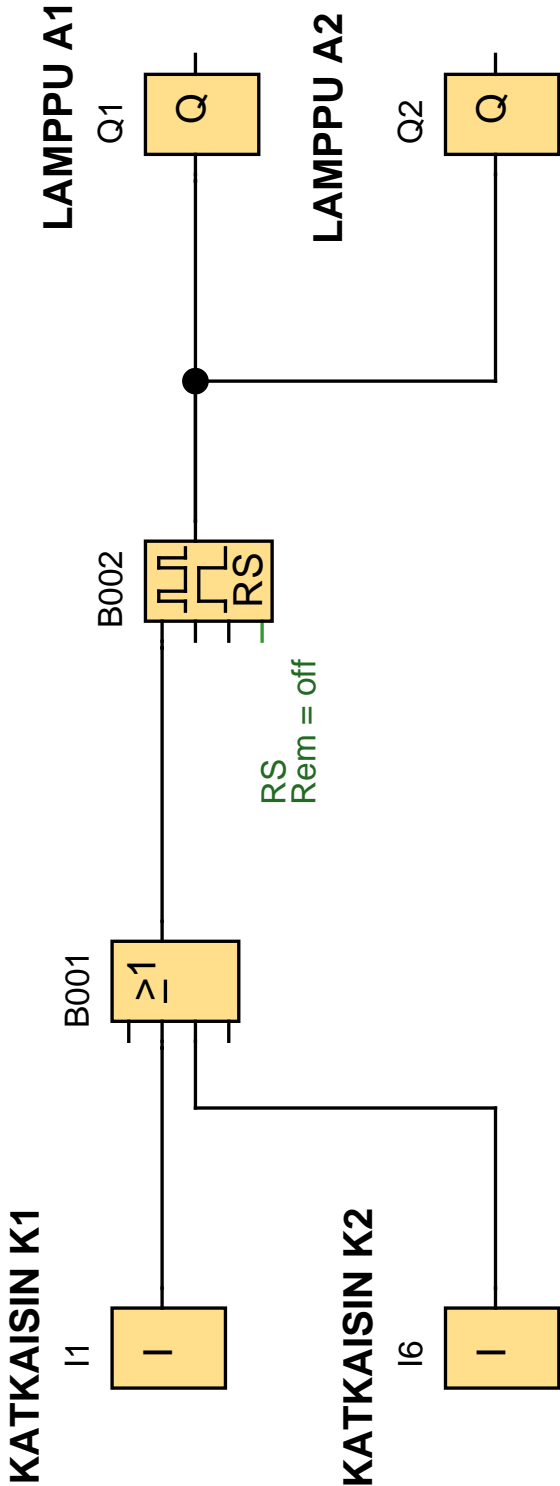
Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	3/4/14 7:16 PM/10/16/14 1:43 PM	File:	VALAISIMEN OHJAUS KOLMELLA ERI	Page:	1 / 11

VALAISIMIEN OHJAUS VIIVEELLÄ



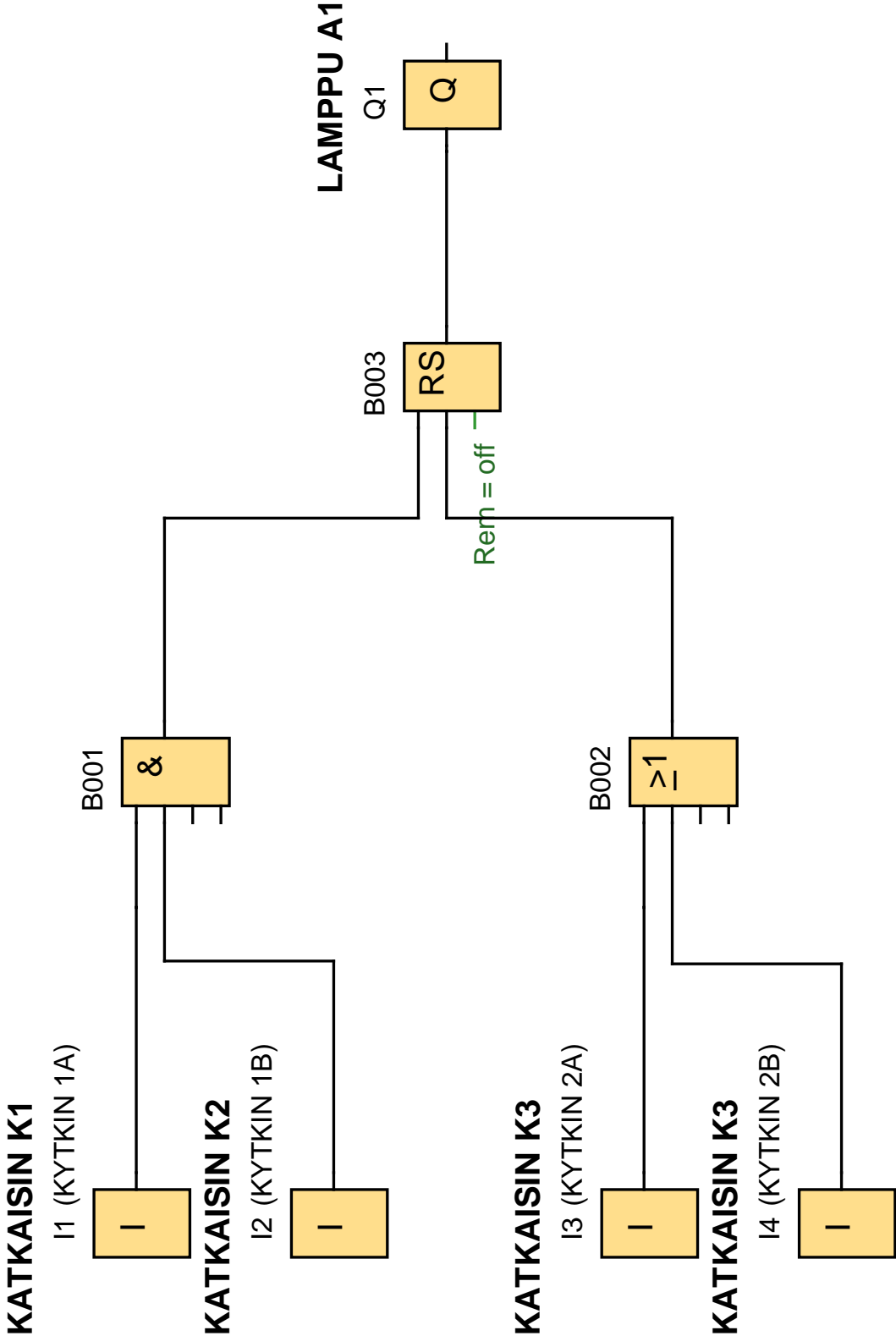
Creator:	Jani	Project:	VALAISIMIEN OHJAUS VIIVEELLÄ.lsc	Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	3/17/14 8:23 PM/10/16/14 1:45 PM	File:		Page:	1 / 11

VALAISTUKSEN OHJAUS KAHDELLA KATKAISIMELLA



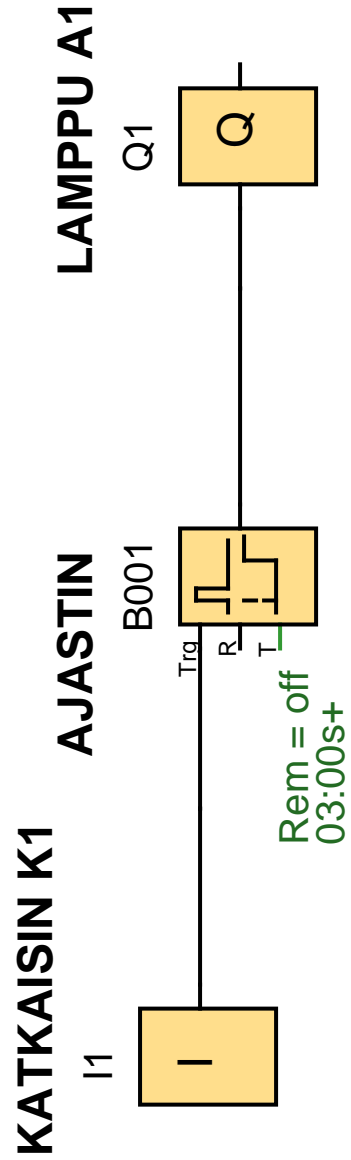
Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	3/17/14 8:00 PM/10/16/14 1:47 PM	File:		Page:	1 / 11

VALAISTUKSEN OHJAUS NELJÄLLÄ KATKAISIMELLA



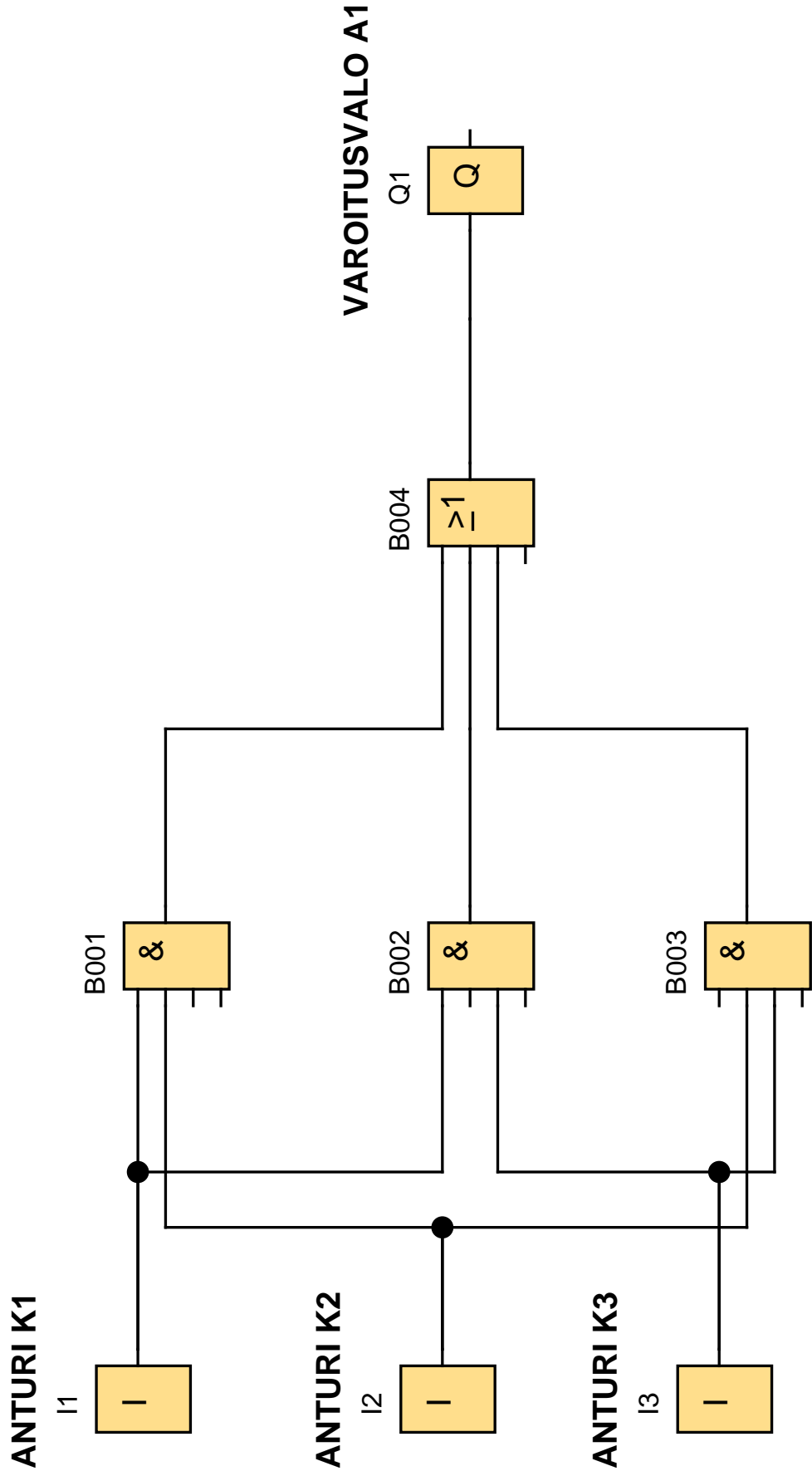
Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	2/17/14 7:02 PM/10/16/14 1:49 PM	File:	VALAISTUKSEN OHJAUS NELJÄLLÄ	Page:	1 / 11

VETOHIDASTETTU RELE



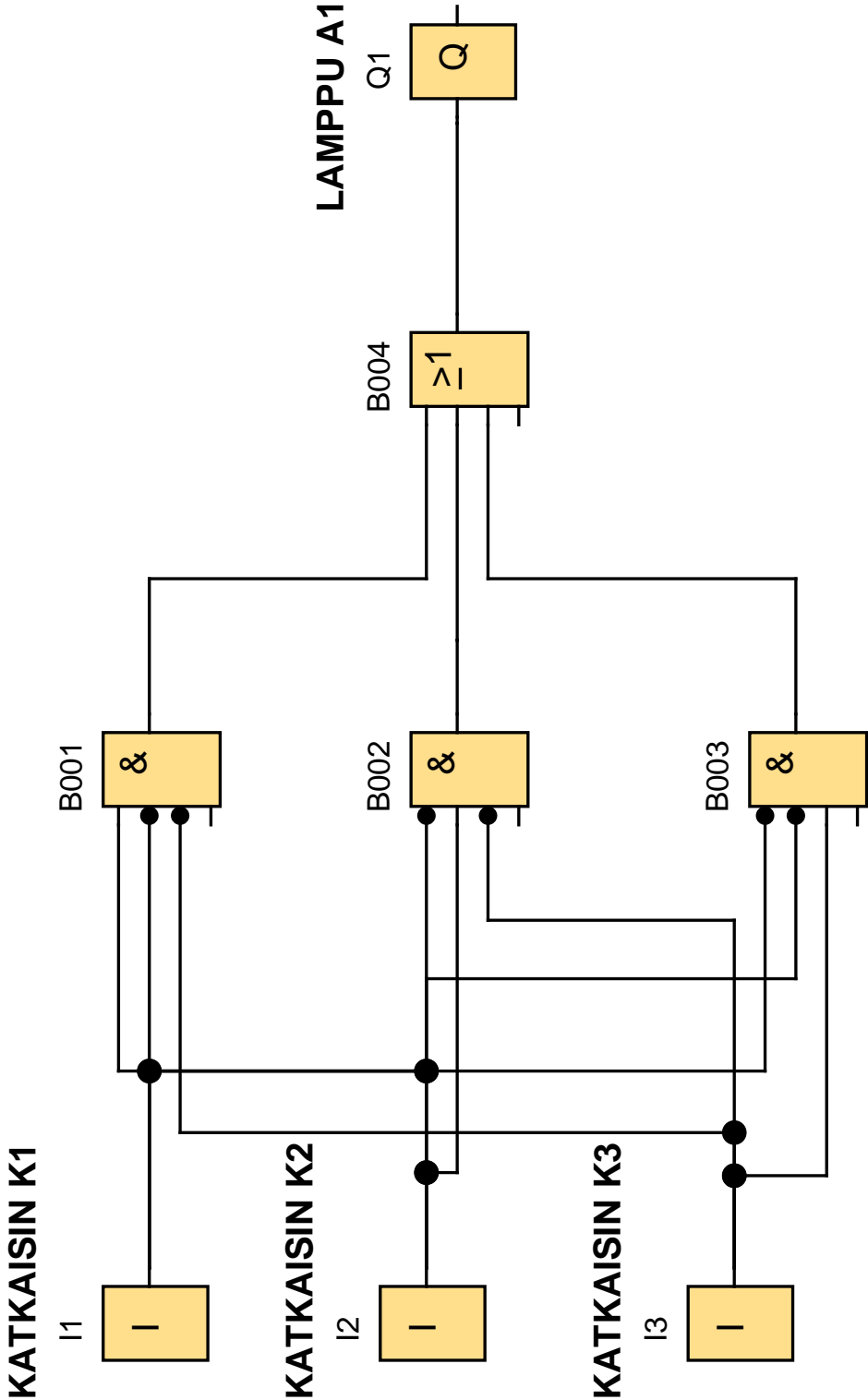
Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	3/31/14 11:21 AM/10/16/14 1:51 PM	File:	VETOHIDASTETTU RELE.lsc	Page:	1 / 11

VIKA-ANTURIT KAKSI KOLMESTA



Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	3/31/14 12:05 PM/10/16/14 1:53 PM	File:		Page:	1 / 11

YKSI KOLMESTA VALINTAPIIRI



Creator:	Jani	Project:		Customer:	
Checked:		Installation:		Diagram No.:	
Date:	3/31/14 11:49 AM/10/16/14 1:57 PM	File:	YKSI KOLMESTA VALINTAPIIRI.lsc	Page:	1 / 11